



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

HENRI JALO  
VUOROVAIKUTTEISTEN LISÄTYN TODELLISUUDEN  
TEKNOLOGIOIDEN KÄYTTÖÖNOTON HAASTEET JA  
MAHDOLLISUUDET KIINTEISTÖ- JA RAKENNUSALALLA

Diplomityö

Tarkastajat: professori Hannu  
Kärkkäinen ja Assistant Professor  
Henri Pirkkalainen

Talouden ja rakentamisen  
tiedekunnan koulutusvaradekaani  
on hyväksynyt diplomityön aiheen ja  
tarkastajat 29.1.2018

## TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Tietojohtamisen koulutusohjelma

**HENRI JALO:** Vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden teknologioiden käyttöönoton haasteet ja mahdollisuudet kiinteistö- ja rakennusala

Diplomityö, 94 sivua, 4 liitesivua

Helmikuu 2018

Tietojohtamisen diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Tiedonhallinta

Tarkastajat: professori Hannu Kärkkäinen ja Assistant Professor Henri Pirkkalainen

Avainsanat: Lisätty todellisuus, digitalisaatio, kiinteistöala, rakennusala, vuorovaikutteisuus, käyttöönotto, teemahaastattelu

Kiinteistö- ja rakennusala digitalisaatio on alkanut nousta yhä enemmän yritysten tietoisuuteen. Vuorovaikutteinen lisätty todellisuus on yksi lupaavimmista digitaalisista ratkaisuksista yritysten prosessien sekä sen työntekijöiden välisen yhteistyön tehostamisessa. Tässä diplomityössä tutkitaan vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden teknologioiden käyttöönottoon liittyviä haasteita ja mahdollisuuksia kiinteistö- ja rakennusalan kontekstissa.

Tutkimuksessa kartoitettiin teemahaastatteluiden avulla yritysjohton ja työntekijöiden käsityksiä siitä, mitä haasteita ja mahdollisuuksia he näkevät vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönotossa. Toimialan konservatiivisuus ja verkostomainen toiminta, yritysten käyttämien tietojärjestelmien moninaisuus ja niiden avoimien rajapintojen puute sekä heterogeenisten työkohteiden suuri määrä nähtiin merkittävinä haasteina lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönotossa. Näiden haasteiden ratkaiseminen vaatisi avoimemman yhteistyön edistämistä kiinteistön koko elinkaaren aikana, mutta tämänkaltaisen yhteistyön aloittaminen nähtiin vaikeana.

Yritysten työntekijöiden suuren liikkuvuuden vuoksi lisätty todellisuus nähtiin mahdollisuutena erilaisten vuorovaikutustilanteiden kehittämisessä, kuten etäyhteistyön tehostamisessa, tiedon kontekstipohjaisessa löytämisessä, tiedonkulussa tapahtuvien virheiden ja työmäärän vähentämisessä ja yritysten asiakkaiden ottamisessa mukaan yritysten toimintaprosesseihin. Tähän asti tapahtunutta digitalisaatiokehitystä ja rakennusten tietomallintamisen yleistymistä pidettiin olennaisina mahdollistajina vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönotossa.

Yksikään tutkimuksen kohdeyrityksistä ei ollut vielä ottanut käyttöön vuorovaikutteisia lisätyn todellisuuden ratkaisuja. Kohdeyrityksissä suoritettiin tutkimuksen aikana muutamia kokeiluja erään etäyhteistyötä helpottavan lisätyn todellisuuden sovelluksen suhteen. Nämä ratkaisut ovat lyhyellä tähtämellä helpoimmin käyttöönotettavia lisätyn todellisuuden ratkaisuja. Laajempien lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönotto on kuitenkin haastava ja aikaavievä projekti, joka vaatisi laajaa yhteistyötä ja yhteiskehittämistä kiinteistöjen elinkaarten eri vaiheissa toimivien yritysten välillä sekä pidemmälle vietyä digitalisaatiokehitystä.

## ABSTRACT

**HENRI JALO:** Challenges and opportunities in implementing collaborative augmented reality technologies in facility management and construction industries

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 94 pages, 4 Appendix pages

February 2018

Master's Degree Programme in Information and Knowledge Management

Major: Business Information Management

Examiners: Professor Hannu Kärkkäinen and Assistant Professor Henri Pirkkalainen

**Keywords:** Augmented Reality, Digitalization, Facility Management, Construction, Collaboration, Implementation, Semi-structured interview

Construction and facility management firms are becoming more aware of digitalization. Collaborative augmented reality is one of the more promising digital solutions in enhancing a firm's business processes and the collaboration between its employees. This master's thesis focuses on the challenges and opportunities of collaborative augmented reality in the context of construction and facility management industries.

Semi-structured interviews were used in this study to explore the views of business executives and workers with regards to what challenges and opportunities they see in implementing collaborative augmented reality solutions in their firms. The conservative nature and network-like organizational structure of the industry along with the large amount of different closed information systems and heterogeneous worksites were seen as big challenges in implementing new augmented reality solutions. Solving these challenges would require more open collaboration between the firms throughout the whole life cycle of a facility but this was seen to be difficult.

Because the workers in the firms move a lot during a work day, the firms saw collaborative augmented reality as an opportunity for enhancing and enabling remote collaboration and context-based knowledge retrieval as well as lessening the number of mistakes made when transferring information between workers and information systems and integrating customers into the firm's business processes. Advancements in digitalization and the spreading of building information modeling were seen as key enablers in implementing collaborative augmented reality solutions.

None of the firms participating in the study had yet implemented collaborative augmented reality solutions in their work. A few small-scale try-outs of a remote collaboration augmented reality solution were performed during the duration of the study. These solutions are the easiest to implement in the short term. Large scale implementations of augmented reality solutions are challenging and time-consuming projects which demand extensive collaboration between all the firms participating in the different stages of the life cycle of the facility as well as further advancements in digitalization.

## ALKUSANAT

Diplomityön tekemisen aloittaminen venähti itselläni odotettua pidemmälle. Kun lopulta pääsin työn pariin, eteni työn kirjoittaminen kuitenkin varsin sujuvasti. Tärkeintä on vain aloittaa jostain ja pitää kokonaisuudet riittävän pieninä. Työ valmistui lopulta vajaassa viidessä kuukaudessa.

Haluan kiittää työn tarkastajia professori Hannu Kärkkäistä ja Assistant Professor Henri Pirkkalaista tämän työn ohjaamisesta ja monista hyvistä neuvoista työn edetessä. Kiitokset myös muille Diili-hankkeen jäsenille Osku Torrolle, Jukka Puhdolle ja Tuomas Kankaanpäälle mukavasta työilmapiiristä ja vinkeistä diplomityön suhteen. Haluan myös osoittaa kiitollisuuteni tähän hankkeeseen osallistuneille yrityksille ja Tampereen teknilliselle yliopistolle mielenkiintoisen aihealueen tutkimisen mahdollistamisesta.

Lopuksi vielä kiitokset äidilleni ja veljelleni kannustuksesta ja tuesta diplomityön tekemisen aikana. Nyt on tämäkin opiskeluvaihe viimein takana ja uudet haasteet edessä.

Tampereella, 23.02.2018

Henri Jalo

# SISÄLLYS

1.	JOHDANTO .....	1
1.1.	Tutkimuksen tausta ja tavoitteet.....	2
1.2.	Tutkimuksen ongelmanasettelu ja tutkimuskysymykset.....	3
1.3.	Rajaus ja näkökulmat .....	4
1.4.	Tutkimusstrategia .....	5
1.5.	Teoriaosion tutkimusaineisto .....	7
1.6.	Tutkimuksen rakenne .....	8
1.7.	Tutkimuksen aikataulu .....	8
2.	LISÄTTY TODELLISUUS.....	9
2.1.	Lisätyn todellisuuden määrittelyminen .....	9
2.2.	Lisätyn todellisuuden järjestelmän osa-alueet .....	13
2.3.	Lisätyn todellisuuden sovelluksen toiminta .....	16
2.4.	Lisätyn todellisuuden näyttöteknologiat .....	19
2.5.	Lisätyn todellisuuden käyttöönoton mahdollisuudet sovellusalueittain .....	21
2.5.1.	Sotilasala .....	22
2.5.2.	Lääketiede .....	22
2.5.3.	Teollisuus.....	23
2.5.4.	Opetusala .....	24
2.5.5.	Viihde- ja kulttuuriala .....	25
2.5.6.	Markkinointi .....	26
2.6.	Lisätyn todellisuuden käyttöönoton mahdollisuudet kiinteistö- ja rakennusosalalla.....	26
2.7.	Lisätyn todellisuuden rajoitukset ja käyttöönoton haasteet .....	29
2.8.	Vuorovaikutteisuus lisätyssä todellisuudessa .....	32
2.9.	Teorian yhteenvedo vuorovaikutteisuuden näkökulmasta.....	35
3.	KIINTEISTÖ- JA RAKENNUSLAN TOIMINTAYMPÄRISTÖ.....	38
3.1.	Kiinteistöt datan ja informaation lähteinä .....	39
3.1.1.	Rakennusten tietomallintaminen.....	40
4.	TUTKIMUKSEN EMPIRIAN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS.....	42
4.1.	Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen metodiikka .....	42
4.2.	Teemahaastatteluiden toteutus .....	45
4.2.1.	Haastateltavien valinta .....	45
4.2.2.	Haastattelurunko ja käyttöskenaariot.....	46
4.2.3.	Haastatteluiden analysointi .....	48
5.	TUTKIMUKSEN TULOKSET .....	50
5.1.	Haasteet .....	50
5.1.1.	Kiinteistö- ja rakennusalan erityispiirteet .....	50

5.1.2.	Kiinteistö- ja rakennusalan henkilöstö.....	53
5.1.3.	Järjestelmärajapinnat ja tiedon pirstaloituneisuus .....	55
5.1.4.	Lisäarvon todentaminen.....	59
5.1.5.	Ratkaisujen yhteiskehittäminen .....	61
5.2.	Mahdollisuudet.....	64
5.2.1.	Digitalisaation ja tietomallintamisen luomat mahdollisuudet .....	64
5.2.2.	Etäyhteistyö ja -johtaminen .....	67
5.2.3.	Tiedon paikkasidonnaisuus.....	70
5.2.4.	Virheiden ja työmäärän vähentäminen tiedonkulussa .....	72
5.2.5.	Toiminnan vieminen lähemmäksi asiakasrajapintaa .....	74
6.	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	77
6.1.	Pohdinta .....	77
6.1.1.	Vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden teknologioiden käyttöönotto yksittäisessä kiinteistö- ja rakennusalan yrityksessä.....	77
6.1.2.	Vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden teknologioiden laajempi käyttöönotto kiinteistö- ja rakennusosalalla .....	79
6.2.	Johtopäätökset.....	82
6.3.	Tutkimuksen arviointi .....	87
6.4.	Jatkotutkimusehdotuksia .....	88
	LÄHTEET.....	90
	LIITE 1: HAASTATTELURUNKO JA SKENAARIOT .....	95

## LYHENTEET

<b>AR</b>	Augmented Reality, suomeksi lisätty todellisuus.
<b>ARCore</b>	Googlen Android-käyttöjärjestelmälle julkaisema lisätyn todellisuuden sovellusten kehittämiseen tarkoitettu avoin alusta.
<b>AV</b>	Augmented Virtuality, suomeksi lisätty virtuaalisuus.
<b>ARKit</b>	Applen iOS-käyttöjärjestelmälle julkaisema lisätyn todellisuuden sovellusten kehittämiseen tarkoitettu avoin alusta.
<b>BIM</b>	Building Information Modeling, suomeksi rakennusten tietomallintaminen.
<b>GPS</b>	Global Positioning System, satelliitteja hyödyntävä maailmanlaajuinen paikannusjärjestelmä.
<b>HMD</b>	Head-Mounted Display, päässä pidettävä näyttölaite.
<b>IFC</b>	Industry Foundation Classes, rakennusalan tietojärjestelmien hyödyntämä tiedonsiirron standardi.
<b>IoT</b>	Internet of Things, suomeksi esineiden internet. Laitteet ja koneet, joita voidaan hallinnoida internetin välityksellä.
<b>MR</b>	Mixed Reality, suomeksi yhdistetty todellisuus.
<b>QR-koodi</b>	Quick Response -koodi, erityisesti mobiililaitteiden käyttämä nopeasti luettava informaatiota sisältävä merkki.
<b>RFID</b>	Radio Frequency Identification, radiotaajuinen etätunnistus.

<b>SLAM</b>	Simultaneous Localization and Mapping, tuntemattoman ympäristön kartoittamiseen ja toimijan sijainnin määrittämiseen käytetty tekniikka.
<b>UWB</b>	Ultra-Wide Band, tiedonvälityksessä hyödynnettävä radioteknologia.
<b>VR</b>	Virtual Reality, suomeksi virtuaalitodellisuus.



# 1. JOHDANTO

Yhteiskunnallisella tasolla merkittävä osa kansakuntien varallisuudesta on sidottuna erilaisiin kiinteistöihin. Näiden kiinteistöjen ylläpidon, kehittämisen ja käytön tehostamisella on siis huomattava potentiaali yritysten taloudellisen aseman parantamisessa. Kiinteistö- ja rakennusalojen työvoimavaltaisuuden ja kansantaloudellisesti merkittävän laajuuden vuoksi toimialalla piilevä potentiaali tietoteknisten ratkaisujen hyödyntämisessä on todennäköisesti suurimpia kaikista toimialoista (Kanerva & Haapasalo 2005, s. 14). Yritysten liiketoimintaympäristö on muuttunut merkittävästi digitalisaation myötä ja myös kiinteistö- ja rakennusalalla on panostettu yhä enemmän digitalisaatioon kilpailukyvyn lähteenä. Digitaalisen informaation määrän kasvaessa tämän informaation tehokkaaseen hyödyntämiseen vaaditaan yhä intuitiivisempia ratkaisuja informaation jakamiseen ja visualisointiin käyttäjille (Savioja et al. 2007, s. 555; Chi et al. 2013, s. 116). Kiinteistöalalla on pitkään nojattu vanhentuneisiin ja paljon aikaa vieviin toimintatapoihin ja järjestelmiin organisaatioiden tavoitteiden saavuttamisessa. Uusien vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden (engl. Augmented Reality, AR) ratkaisujen ilmaantuminen alalle tarjoaa huomattavia mahdollisuuksia monilla eri vuorovaikutuksen osa-alueilla kiinteistöalan tehtävien helpottamisessa sekä nopeammassa ongelmanratkaisussa. (Irizarry et al. 2013, s. 11.)

Kiinteistöihin liittyy niin paljon informaatiota, että kiinteistöjen hallinnoijilla ja ylläpitäjillä on usein vaikeuksia päästä käsiksi käyttäjän sijainnin kannalta relevanttiin ja oikea-aikaiseen tietoon (Irizarry et al. 2013, s. 11). Kiinteistö- ja rakennusalan monimutkaisuus asettaa suuren tarpeen oikean informaation saatavuudelle kommunikoinnin ja yhteistyön tueksi (Irizarry et al. 2013, s. 12; Rankohi & Waugh 2013, s.1). Lisätty todellisuus on yksi uusimmista teknologioista, jonka käyttöönottoa ja hyödyntämistä kiinteistö- ja rakennusalalla on pohdittu useissa yrityksissä. Lisätyssä todellisuudessa käyttäjän näkemään todelliseen ympäristöön upotetaan käyttäjän kannalta olennaista virtuaalista ja digitaalista sisältöä (Azuma et al. 2001, s. 34). Lisätyn todellisuuden hyödyntämistä pidetään myös merkittävänä digitaalisena ja teknologisenä trendinä (TIVI 2015; Gartner 2017; Somasegar & Lian 2017).

Lisätyn todellisuuden ennustetaan vaikuttavan siihen, miten ihmiset oppivat asioita, tekevät päätöksiä ja ovat vuorovaikutuksessa todellisen maailman kanssa. Lisätyllä todellisuudella on mahdollisuus vaikuttaa yrityksen koko arvoketjun toimintoihin asiakkaiden palvelemisesta työntekijöiden koulutukseen ja tuotesuunnitteluun sekä tuotantoon. (Porter & Heppelmann 2017.) Lisätyn todellisuuden ratkaisujen

kehittämiseen on myös juuri julkaistu merkittäviä kehitysalustoja (mm. Applen ARKit ja Googlen ARCore) sovelluskehittäjien yleiseen käyttöön (Vänskä 2017). Markkinoille pääsyn esteiden madaltuessa myös pienempien ja ketterämpien kehittäjien markkinoille pääsy helpottuu ja tämä lisää lisätyn todellisuuden ratkaisujen toimittajavaihtoehtoja myös kiinteistö- ja rakennusalan yrityksille.

Lisätty todellisuus on kuitenkin vielä kehitysasteella esimerkiksi tavallisiin mobiilisovelluksiin verrattuna eikä se ole vielä saavuttanut täyttä potentiaaliaan eivätkä lisätyn todellisuuden ratkaisut ole vielä saavuttaneet merkittävää markkinapenetraatiota (Carmigniani et al. 2011, s. 369; Rankohi & Waugh 2013, s. 2). Ratkaisujen käyttöönotosta ei siis vielä tiedetä paljoa eikä lisätyn todellisuuden teknologioiden maturiteetti siis vielä ole tavallisten mobiiliteknologioiden tasolla. Haasteita löytyy sekä teknologisten ratkaisujen toteutuksesta että ihmisiin liittyvistä ongelmista, kuten henkilöstön ja asiakkaiden valmiudesta käyttää näitä uusia teknologioita. Lisätyn todellisuuden ratkaisujen vuorovaikutteisuus tuo myös omat haasteensa ja mahdollisuutensa ratkaisujen käyttöönottoon.

Lisättyyn todellisuuteen liittyvien teknologioiden kehittyessä ja halventuessa sillä tulee kuitenkin todennäköisesti olemaan huomattava vaikutus arkkitehtuuriin, rakentamiseen ja toimitilojen sekä kiinteistöjen huollon ja ylläpidon toiminnoissa. Mobiililaitteissa käytettävällä lisätyllä todellisuudella voidaan tehostaa useita erilaisia työtehtäviä kuten laadunhallintaa, turvallisuusjohtamista, aikataulutusta, työntekijöiden koulutusta ja kiinteistöjen hallintaa. (Irizarry et al. 2013. s. 11.) Lisätyn todellisuuden potentiaali kiinteistö- ja rakennusalan toiminnan tehostamisessa ja uusien palveluiden tarjoamisessa on siis huomattava.

## **1.1. Tutkimuksen tausta ja tavoitteet**

Tämä tutkimus on Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) tuotantotalouden ja tietojohdamisen laboratoriolle tehtävä diplomityö. Diplomityö suoritetaan osana TTY:n ”Digitaalista liiketoimintaa yhteiskehittämällä (DIILI)” -hanketta. Diili-hankkeen tavoitteena on kehittää kiinteistö- ja rakennusalan digitalisaatiota vuorovaikutuksellisten virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden ratkaisujen avulla (Pirkkalainen et al. 2017, s. 1). Hanke muodostuu TTY:n tutkimushankkeen lisäksi yritysten kehityshankkeista, joita hyödynnetään TTY:n tutkimusryhmän tutkimuskohteina. Tutkimusten tuloksena syntynyttä tietoa voidaan taas edelleen hyödyntää kohdeyritysten kehityshankkeiden apuna. Hankkeen rahoitus muodostuu TTY:n, yritysten sekä Tekesin rahoituksesta.

Tämä tutkimus keskittyy hankkeen lisätyn todellisuuden osa-aluetta tarkastelemaan osioon. Uusien lisätyn todellisuuden ratkaisujen vuorovaikutteisuuden liittyviä uusia mahdollisuuksia käsitellään työssä yhtenä lisäarvon lähteenä yleisemmin lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönottoon liittyvien haasteiden ja mahdollisuuksien

lisäksi. Uusien lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönotto on hankkeen pääasiallisena fokuksena, mutta näiden ratkaisujen vuorovaikutteisuus tuo omat haasteensa ja mahdollisuutensa käyttöönottoon toimialan yleisempien tekijöiden lisäksi.

Diplomityön tavoitteena on perehtyä vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden teknologioiden mahdollisuuksiin ja haasteisiin kiinteistö- ja rakennusalan yritysten kontekstissa. Tavoitteena on erilaisten kirjallisuuslähteiden pohjalta luoda käsitys lisätyn todellisuuteen liittyvien teknologioiden nykytilasta ja soveltuvuudesta kiinteistö- ja rakennusalan yritysten tarpeisiin, selvittää vuorovaikutteisen lisätyn todellisuuden ero aiempaan digitalisaatioon ja toisaalta virtuaalitodellisuuteen nähden ja selvittää millaisia mahdollisuuksia se tuo kiinteistö- ja rakennusalan yrityksille.

Teoriatason selvityksen pohjalta luodaan haastattelurunko hankkeeseen osallistuvien kohdeyritysten mahdollisuuksien ja haasteiden selvittämiseen vuorovaikutteisen lisätyn todellisuuden suhteen. Haastatteluissa selvitetään myös teoriasta löydettyjen lisätyn todellisuuden mahdollisuuksien ja toiminnallisuuksien relevanttiutta ja soveltuvuutta kiinteistö- ja rakennusalan käyttöön. Haastattelujen aikana tunnistettuja haasteita ja mahdollisuuksia analysoidaan käyttöönoton ja vuorovaikutteisuuden näkökulmista.

## **1.2. Tutkimuksen ongelmanasettelu ja tutkimuskysymykset**

Tutkimuksen tavoitteet voidaan esittää myös tutkimusongelman muodossa. Tämän diplomityön ongelmana on selvittää mitä kiinteistö- ja rakennusalan yritysten tulee ottaa huomioon vuorovaikutteisen lisätyn todellisuuden teknologioiden käyttöönotossa toiminnassaan. Tutkimusongelma voidaan myös esittää tutkimuskysymyksenä, johon pyritään löytämään vastauksia tutkimuksen aikana. Diplomityön päätutkimuskysymyksenä on:

- Mitkä ovat vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden teknologioiden käyttöönoton mahdollisuudet ja haasteet kiinteistö- ja rakennusosalalla?

Päätutkimuskysymyksen laajuuden vuoksi on hyödyllistä muodostaa alatutkimuskysymyksiä. Diplomityön päätutkimuskysymykseen vastaamisen helpottamiseksi pyritään vastaamaan seuraaviin alatutkimuskysymyksiin:

1. Mitä vuorovaikutteisella lisätyllä todellisuudella tarkoitetaan ja mitä tekijöitä siihen liittyy?
2. Mitkä ovat vuorovaikutteisen lisätyn todellisuuden hyödyt ja lisäarvo nykyisiin toimintatapoihin nähden?

Päätutkimuskysymykseen vastataan työn teoriakatsauksessa ja empiirisessä osiossa. Tieteellisen kirjallisuuden perusteella voidaan tunnistaa vuorovaikutteisen lisätyn todellisuuden käyttöönoton haasteita ja mahdollisuuksia yleisesti ja spesifisti kiinteistö- ja rakennusosalalla ja näiden paikkansapitävyyttä tarkastellaan empiirisen osion haastatteluiden ja niiden analysoinnin avulla.

Ensimmäiseen alatutkimuskysymykseen pyritään vastaamaan työn alussa suoritettavan teoriakatsauksen avulla hyödyntäen aihealueesta saatavilla olevia tieteellisiä artikkeleita. Tähän alatutkimuskysymykseen vastaamiseksi yhdistellään erilaisten tieteellisten artikkelien näkökantoja laaja-alaisesti.

Myös toiseen alatutkimuskysymykseen pyritään vastaamaan kirjallisuuskatsauksen avulla, mutta kysymykseen voidaan myös löytää vastauksia haastatteluiden aikana. Haasteita ja mahdollisuuksia kartoitettaessa saattaa esimerkiksi tulla ilmi kohdeyritysten työssä ilmenneitä ongelmatilanteita, joissa ongelmien ratkaisu helpottuisi vuorovaikutteisella lisätyllä todellisuudella nykyisiin toimintatapoihin verrattuna.

### **1.3. Rajaus ja näkökulmat**

Diplomityössä keskitytään lisätyn todellisuuden mahdollisuuksiin ja haasteisiin pelkän digitalisaation tai virtuaalitodellisuuden sijaan ja näiden ero pyritään tekemään selväksi tutkimuksen aikana. Määritelmästä riippuen lisättyyn todellisuuteen voidaan sisällyttää monenlaisia eri toimintoja ja tutkimuksen aikana pyritään luomaan selvä käsitys siitä, mikä on lisättyä todellisuutta ja mikä ei. Diplomityö ei keskity vain yksinkäytettäviin lisätyn todellisuuteen ratkaisuihin vaan myös siihen, miten alan eri sidosryhmät voivat yhteisesti ja vuorovaikutteisesti hyödyntää lisätyn todellisuuden ratkaisuja.

Tutkimus rajataan kiinteistö- ja rakennusalan yrityksiin sekä niille lisätyn todellisuuden ratkaisuja suunnitteleviin yrityksiin. Pääasiassa tutkimus rajoittuu myös vain keskisuuriin ja suuriin organisaatioihin, joilla on resursseja, osaamista ja tarvetta lisätyn todellisuuden teknologioiden hankintaan ja käyttöönottoon. Pienyritysten mahdollisuudet lisätyn todellisuuden teknologioiden hyödyntämiseen tulevat kuitenkin tulevaisuudessa parantumaan teknologian kehittyessä ja halventuessa. Tutkimuksen tulokset ovat siis mahdollisesti sovellettavissa myös pienyrityksiin pidemmällä aikavälillä.

Tutkimuksessa on mukana monia eri sidosryhmiä, joten tarkastelun näkökohdat eivät rajoitu vain esimerkiksi loppukäyttäjiin vaan ilmiötä pyritään tutkimaan kokonaisvaltaisesti. Lisätyn todellisuuden teknisiin ratkaisuihin ei kuitenkaan paneuduta teknisesti kovin syvällisellä tasolla vaan tutkimus keskittyy kartoittamaan lisätyn todellisuuden mahdollisuuksia, haasteita ja teknologioita yleisemmällä tasolla.

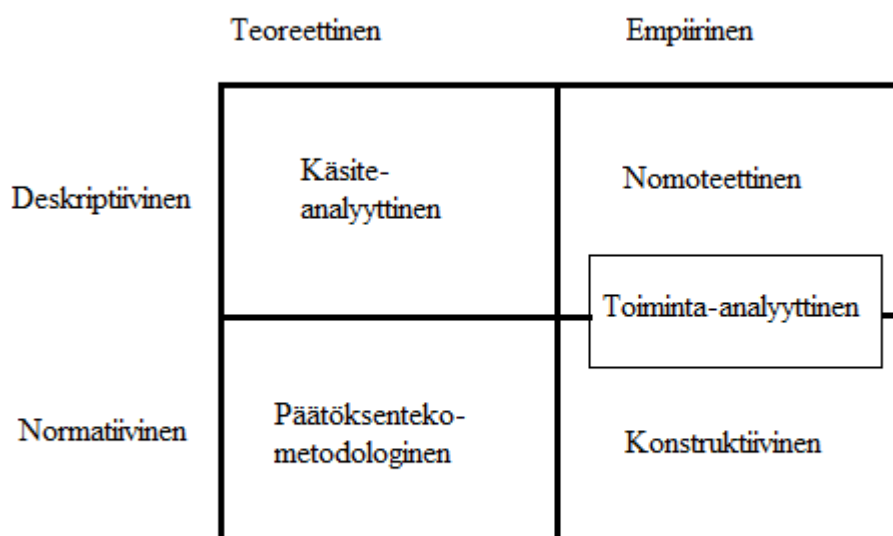
## 1.4. Tutkimusstrategia

Tieteellisen tutkimuksen tieteenkäsitykset voidaan jakaa positivismiin ja hermeneutiikkaan (Olkkonen 1994, s. 26–27). Tutkittava ilmiö kuvataan hermeneuttisessa tutkimuksessa mahdollisimman tarkkaan yhdessä tai muutamassa tapauksessa ja kuvatulle ilmiölle etsitään selityksiä tutkijan subjektiivisen ymmärryksen pohjalta (Olkkonen 1994, s. 33; Gummesson 2000, s. 178). Positivisistisessä tieteenkäsityksessä tutkimuksen toistettavuus ja riippumattomuus tutkijasta on olennaista eli samalla tutkimusaineistolla ja -menetelmällä pitäisi päätyä samaan tulokseen (Olkkonen 1994, s. 35). Hermeneuttisessa tutkimuksessa aineiston keräämiseen käytettävien tutkimuskohteiden määrä taas on vähäisempää positivismiin verrattuna eivätkä tulokset ole täten helposti yleistettävissä (Olkkonen 1994, s. 33). Positivisistisessä tutkimuksessa aineisto on useimmiten kvantitatiivista ja hermeneuttisessa tutkimuksessa taas kvalitatiivista (Olkkonen 1994, s. 35). Tämä työ sijoittuu hermeneutiikan puolelle, sillä tutkimuksessa käsiteltäville asioille ei ole saatavilla selkeitä ja objektiivisia mittaristoja, joita voitaisiin mitata ja toistaa. Tutkimuksen aineistoa käsitellään ja tulkitaan tutkijan oman ymmärryksen ja käsitysten pohjalta.

Tutkimuksessa käytetään kvalitatiivista eli laadullista lähestymistapaa, sillä tutkimuksen tarkoituksena on syvällisen ymmärryksen muodostaminen tutkitusta aiheesta eikä tilastollisten yleistyksien muodostaminen (Tuomi & Sarajarvi 2009, s. 85). Tässä tutkimuksessa tutkimuksen tulkinnallinen validiteetti on riittävä tutkimukseen osallistuvien yritysten kannalta. Yrityksille riittää, että tutkimuksessa kerätystä aineistosta tehdyt tulokset ovat oikeita eikä tulosten tarvitse täten olla yleistettävissä. (Ghuri & Grønhaug 2005, s. 218.) Laadullisessa tutkimuksessa tutkijan oma ymmärrys ja tulokset vaikuttavat tutkimuksen tuloksiin eikä tutkija siis ole erotettavissa saavutetuista tutkimustuloksista (Tuomi & Sarajarvi 2009, s. 20). Tutkimuksen tavoitteet ja epästrukturoidut ongelmat eivät myöskään tue kvantitatiivisen eli määrällisen lähestymistavan hyödyntämistä. Laadullinen tutkimus on myös joustavaa ja eksploraatiivista epästrukturoitujen ongelmien vuoksi. (Ghuri & Grønhaug 2005, s. 202.) Suunnitelmia ja käsiteltävien aihealueiden laajuutta ja suuntaa muutetaan olosuhteiden mukaisesti.

Tutkimus jakautuu teoreettiseen ja empiiriseen osioon. Tutkimuksen teoriatausta luodaan hyödyntämällä kuvan 1 jaottelun käsiteanalyttistä tutkimusotetta. Tämän tutkimusotteen tarkoituksena on luoda tarkasteltavan aiheen ympärille käsitejärjestelmä tukemaan tutkimusta ja luoda viitekehys tutkimuksen empiiriselle osiolle (Olkkonen 1994, s. 65). Tutkimuksen teoreettinen viitekehys muodostuu käsitteistä ja niiden välisistä merkityssuhteista (Tuomi & Sarajarvi 2009, s. 18). Käsiteanalyttinen tutkimusote valittiin tutkimuksen teoreettiseen osioon, koska teoreettisen osion tavoitteena ei ole suoraan kehittää uusia teorioita, sääntöjä tai matemaattisia malleja

yrityksen päätöksenteon tueksi päätöksentekometodologisen tutkimusotteen mukaisesti (Olkkonen 1994, s. 70).



**Kuva 1.** Tutkimusotteiden luokittelu (mukailtu lähteestä Kasanen et al. 1993, s. 257)

Käsitteiden määrittely on kriittistä kommunikaation kannalta. Tutkimuksen empiirisen osion tiedonkeruussa haastatellaan useita eri toimijoita, jolloin haastattelijan ja haastateltavien tulee jakaa selkeä ymmärrys eri käsitteistä ja aihealueista, jotta haastatteluiden aikana kerätty tieto olisi hyödyllistä tutkimuksen kannalta. (Ghauri & Grønhaug 2005, s. 37.) Tutkimuksen taustalla oleva teoria muodostettiin toteuttamalla kirjallisuuskatsaus aihetta käsittelevään tieteelliseen kirjallisuuteen. Kirjallisuuskatsauksen avulla luodaan viitekehys tarkasteltavan aiheen ympärille ja tunnistetaan relevantit konseptit, metodit ja faktat (Ghauri & Grønhaug 2005, s. 52).

Tutkimuksen empiirisen osion tarkoituksena on kohdeyritysten käsitysten, haasteiden ja mahdollisuuksien kartoittaminen vuorovaikutteisen lisätyn todellisuuden suhteen haastatteleamalla kohdeyritysten henkilöstöä. Tutkimuksen empiirisessä osiossa hyödynnetään kuvan 1 jaottelun mukaisesti toiminta-analyttistä tutkimusotetta, sillä tarkoituksena on ymmärtää tutkittua ongelmaan mahdollisimman syvällisesti hermeneuttisen tieteenkäsityksen mukaisesti (Olkkonen 1994, s. 72–73). Tavoitteena ei siis ole rakentaa mitään tiettyä konstruktiota konstrukttiivisen tutkimusotteen mukaisesti tai lähestyä asiaa positivismiin liittyvän nomoteettisen tutkimusotteen avulla. Toiminta-analyttinen tutkimusote sijoittuu kuvan 1 mukaisesti empiiriselle osiolle ja se sisältää sekä deskriptiivisiä että normatiivisia piirteitä. Haastatteluiden avulla pyritään kartoittamaan nykytilaa ja käsityksiä sekä löytämään kohdeyritysten kohtaamia

haasteita ja mahdollisuuksia lisätyn todellisuuden ratkaisujen suhteen. Empiirisen osion suunnittelua ja toteutusta on kuvattu tarkemmin vielä luvussa 4.

## 1.5. Teoriaosion tutkimusaineisto

Tutkimuksen alussa kuvataan lisätyn todellisuuden perusteet ja kartoitetaan lisätyn todellisuuden nykytilaa kirjallisuuskatsauksen avulla yhdistellen eri lähteiden näkökulmia. Tärkeimpinä lähteinä diplomityössä ovat erilaiset sekundääridataa tarjoavien artikkelitietokantojen tieteelliset artikkelit sekä aihealueeseen liittyvät kirjat ja uutisjulkaisut. Tietokantoina ja hakukoneina käytettiin seuraavia:

- Emerald Insight
- Springer
- Researchgate
- Google Scholar
- Science Direct
- The ACM Digital Library
- ASCE Library

Artikkelien etsimisessä tietokannoista käytettiin hakutermeinä mm. sanoja Augmented Reality, Interaction, Building Information Modeling, Collaboration, Construction sekä Facility Management. Näitä hakusanoja käytettiin etsimään artikkeleita niiden otsikoiden perusteella ja hakuja rajattiin eri suodattimien avulla tarpeen mukaan. Lähteissä pyrittiin suosimaan mahdollisimman uusia julkaisuja aihealueen nopean kehityksen vuoksi. Lisättyä todellisuutta yleisesti käsitteleviä artikkeleita otetaan täydentämään lisättyä todellisuutta tietyillä yritysaloilla tarkemmin käsitteleviä tieteellisiä artikkeleita. Spesifisti kiinteistö- ja rakennusalaan keskittyvien artikkelien lisäksi hyödynnetään soveltuvien osin muiden alojen lisätyn todellisuuden hyödyntämiseen keskittyviä artikkeleita teknologian suhteellisen uutuuden vuoksi. Merkittävä osa lähteistä löytyy verkosta sähköisessä muodossa.

Lisättyä todellisuutta on käsitelty tieteellisissä julkaisuissa muutaman vuosikymmenen ajan, mutta viime vuosien aikana julkaisuja on alkanut tulla huomattavasti enemmän teknologian varsin nopean kehittymisen vuoksi. Aiheesta löytyy myös runsaasti erilaisia alan omia julkaisuja ja uutisia, joita hyödynnetään tutkimuksen tukena. Uutislähteitä käytetään alan uusimpien kehityssuuntien ja käyttötapauksien havainnollistamisessa.

Tieteelliset artikkelit ja alan kirjat ovat kuitenkin tutkimuksen löydösten ja perusteluiden tärkeimpänä lähteenä. Osa diplomityössä käytetyistä lähteistä perustuu myös erilaisiin tapaustutkimuksiin, jotka tuovat käytännönläheisyyttä tehdyille huomioille ja auttavat sovellusten hyödyntämisen havainnollistamisessa.

## **1.6. Tutkimuksen rakenne**

Työ on jaettu viiteen eri osioon. Ensimmäisessä osiossa eli toisessa luvussa esitetään johdatus lisättyyn todellisuuteen, selostetaan mitä käsitteellä tarkoitetaan, mihin lisättyä todellisuutta hyödynnetään, mitkä tekijät ovat teknologian käyttöönoton rajoitteina ja miten vuorovaikutteisuus ilmenee lisättyssä todellisuudessa.

Kolmannessa luvussa perehdytään tutkimuksen toimialan kontekstiin tarkastelemalla kiinteistö- ja rakennusalaan toimintaympäristönä sekä rakennusten tietomallintamisen hyödyntämistä toimialalla.

Neljännessä luvussa esitellään hankkeen empiirisen osion menetelmät ja suunnitellut toteutustavat sekä niiden perustelut.

Viidennessä luvussa esitellään tulokset hankkeeseen osallistuneiden yritysten haastatteluista kategorisoimalla haastatteluiden aikana esille tulleet haasteet ja mahdollisuudet lisätyn todellisuuden käyttöönoton ja vuorovaikutteisuuden suhteen.

Kuudennessa luvussa pohditaan empiriassa saavutettuja tuloksia ja peilataan niitä tutkimuksen teoriaosioon sekä esitellään johtopäätökset tutkimuksesta ja tarkastellaan, miten tutkimus onnistui vastaamaan asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Lopuksi arvioidaan vielä tutkimuksen onnistumista ja esitellään jatkotutkimuskohteita.

## **1.7. Tutkimuksen aikataulu**

Tutkimus aloitetaan lokakuussa 2017. Tutkimuksen alussa keskitytään tieteellisen materiaalin etsimiseen, siihen perehtymiseen ja työn teoriaosuuden kirjoittamiseen kerätyn materiaalin pohjalta. Tutkimuksen haastattelut toteutetaan vuoden 2017 lokakuun ja vuoden 2018 helmikuun välisenä aikana. Haastatteluiden analysoinnin pohjalta kirjoitetaan tutkimuksen empiirinen osio, jota aletaan työstää mahdollisimman pian haastatteluiden jälkeen. Tämän jälkeen tutkimuksen teoriaa ja empiriaa peilataan toisiinsa tutkimuksen pohdintaosiossa ja tutkimuksesta tehtävistä johtopäätöksissä. Tavoitteena on, että tutkimus on valmiina palautettavaksi helmikuun 2018 loppuun mennessä.

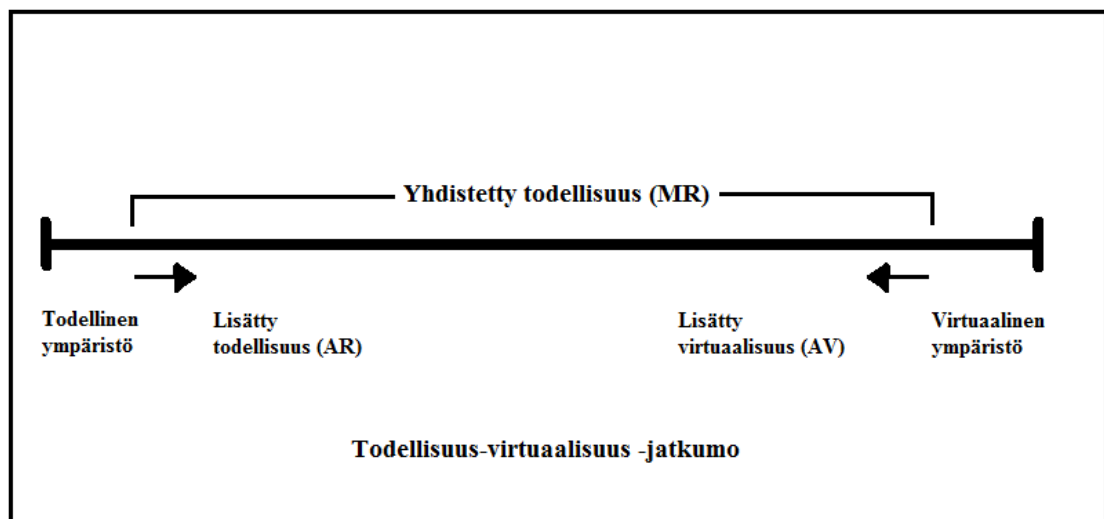


## 2. LISÄTTY TODELLISUUS

Tässä luvussa luodaan kokonaiskuva lisäystä todellisuudesta, määritellään mitä lisätyllä todellisuudella tarkoitetaan ja tarkastellaan, miten sitä on käsitelty tieteellisessä kirjallisuudessa. Lisätyyn todellisuuteen liittyviä teknologioita, sovellusalueita ja teknologian tuomia mahdollisuuksia ja rajoitteita käydään myös läpi. Myös vuorovaikutteisuuden merkitystä lisätyssä todellisuudessa tarkastellaan tässä luvussa.

### 2.1. Lisätyn todellisuuden määritteleminen

Lisätyn todellisuuden termiä käyttivät ensimmäistä kertaa Boeingin tutkijat vuonna 1992, kun he yrittivät kehittää uusia ratkaisuja työntekijöiden avuksi lentokoneissa käytettävien johtojen kasaamisen helpottamiseksi (Billinghurst et al. 2015, s. 88). Lisätyä todellisuutta on pitkään pidetty tulevaisuuden teknologiana, mutta viimeaikaisen teknologisen kehityksen ansiosta se on alkanut levitä laajempaan käyttöön. Lisätyn todellisuuden teknologioiden maturiteettitaso on kasvanut ja sen asema on muodostunut vakiintuneemmaksi. Lisätyn todellisuuden sovelluksien suosio ja sovellusalueiden laajuus on myös kasvanut. Lisätyn todellisuuden teknologioiden maturiteetin kasvaessa niiden uskotaan tulevan laajalti käyttöön teollisuudessa. (Chi et al. 2013, s. 116.)



**Kuva 2.** Todellisuus-virtuaalisuus -jatkumo (mukailtu lähteestä Milgram et al. 1994, s. 283)



aistien muokkaamisesta, jossa joko lisätään tai tarkoituksellisesti heikennetään ihmisen aistien vastaanottamia syötteitä (Schnabel et al. 2007, s. 5). Vähennetyn todellisuuden (engl. Diminished Reality) konsepti liittyy myös soviteltuun todellisuuteen. Siinä käyttäjän näkymästä poistetaan tiettyjä objekteja ja ne korvataan virtuaalisesti. Azuma et al. (2001) pitävät vähennettyä todellisuutta kuitenkin vain lisätyn todellisuuden osa-alueena. Vahvistetun todellisuuden ero lisättyyn todellisuuteen on siinä, että vahvistetussa todellisuudessa korostetaan fyysisten objektien ilmaistavia ominaisuuksia ympäristöön upotettujen tietokoneresurssien avulla (Schnabel et al. 2007, s. 5). Esimerkkinä vahvistetusta todellisuudesta on laite, joka ilmaisee käyttäjän saapumisen tiettyyn tilaan muille käyttäjille, jotka omistavat samankaltaisen laitteen. Laite siis vahvistaa tietoa käyttäjän läsnäolosta. (Falk et al. 1999, s. 276–277.) Virtualisoidussa todellisuudessa taas todellisesta ympäristöstä tallennettujen tietojen pohjalta luodaan sitä vastaava virtuaalinen maailma (Schnabel et al. 2007, s. 6).

Lisätyssä todellisuudessa hyödynnettävät virtuaaliset objektit voivat olla esimerkiksi tekstiä, kuvia, videoita, kolmiulotteisia malleja ja animaatioita. Nämä virtuaaliobjektit näyttävät käyttäjän näkökulmasta uppoutuvan saumattomasti todelliseen ympäristöön. Lisätyn todellisuuden avulla voidaan parantaa käyttäjän havainnointikykyä ja vuorovaikutusmahdollisuuksia oikean maailman suhteen esittämällä käyttäjälle tietoa, jota hän ei voi muuten nähdä omilla aisteillaan. Lisätyn todellisuuden virtuaaliobjektien tarkoituksena on välittää käyttäjälle informaatiota, joka auttaa käyttäjää suorittamaan tehtäviä oikeassa maailmassa. (Azuma 1997, s. 357.) Azuman (1997, s. 356) mukaan lisätyn todellisuuden järjestelmien tulee täyttää seuraavat kolme vaatimusta:

1. Yhdistää todellista ja virtuaalista
2. Vuorovaikutteinen ja reaaliaikainen
3. Rekisteröity ja ilmaistu kolmiulotteisena

Azuman (1997) määritelmän mukaan siis esimerkiksi elokuvissa käytetyt erikoisefektit eivät ole lisättyä todellisuutta, koska ne eivät täytä vuorovaikutteisuuden ja reaaliaikaisuuden vaatimusta. Kaksiulotteiset todellisuutta suodattavat kerrokset (engl. overlay) eivät myöskään sisälly lisätyn todellisuuden määritelmään, koska lisätyt objektit eivät ole kolmiulotteisessa muodossa. Nämä määritelmälliset vaatimukset määrittelevät myös lisätyn todellisuuden järjestelmien tekniset vaatimukset. Billingham et al. (2015, s. 77) mukaan lisätyn todellisuuden järjestelmän tulee täyttää seuraavat tekniset vaatimukset:

1. Näyttö, joka pystyy yhdistämään todellisia ja virtuaalisia kuvia
2. Tietokonejärjestelmä, joka pystyy luomaan vuorovaikutteista grafiikkaa, joka vastaa käyttäjän syötteisiin reaaliajassa

3. Seurantajärjestelmä, joka pystyy selvittämään käyttäjän näkökulman sekä aseman ja saamaan virtuaaliset kuvat näyttämään kiinnitetyiltä todelliseen ympäristöön

Azuma et al. (2001, s. 34) mukaan lisätty todellisuus ei liity ainoastaan näköaistiin vaan myös kuulo-, kosketus-, maku- ja hajuaisteja voidaan hyödyntää lisätyssä todellisuudessa. Tähän asti tutkijat ovat pääasiassa kuitenkin keskittyneet todellisuuden ja visuaalisen virtuaalisen informaation sulauttamiseen toisiinsa (Wang et al. 2013, s. 2). Esimerkkinä muusta kuin visuaalista informaatiota hyödyntävästä lisätyssä todellisuudesta olisi sovellus, jossa käyttäjä pitää päässään kuulokkeita, joihin liitetty mikrofoni tunnistaa ympäristöstä tulevia ääniä. Näitä ääniä voidaan sitten pyrkiä peittämään tai vahvistamaan. (Azuma 1997, s. 363.) Toisaalta tällaista tilannetta voidaan myös kategorisoida Schnabel et al. (2007) kuvailemaksi sovitelluksi todellisuudeksi. Myös tuntoaistia voidaan hyödyntää esimerkiksi käyttämällä kosketuksellista palautetta antavia hanskoja. Hanskat voivat esimerkiksi vahvistaa erilaisten pintojen tuntua tai niitä voidaan hyödyntää virtuaalisten objektien paikantamisessa oikeassa maailmassa antamalla käyttäjille fyysistä palautetta käyttäjän kosketettaessa virtuaaliobjektia. (Azuma 1997, s. 364.) Laajemmin tarkasteltuna lisätty todellisuus on viimeisimpiä yrityksiä muuttaa tietokoneiden käyttöliittymät mahdollisimman huomaamattomiksi ja parantaa käyttäjän vuorovaikutusta todellisen maailman kanssa (Billinghurst et al. 2015, s. 78).

Lisätty todellisuus on pitkään ollut vain teollisuuden käytössä teknologian kokeellisuuden ja siihen liittyneiden korkeiden kustannusten vuoksi. Varsinkin kuluttajapuolella erilaisia päässä pidettäviä näyttöjä (engl. Head-Mounted Display, HMD) hyödyntävien sovellusten käyttöönotto on ollut hidasta eivätkä ne ole vielä nousseet käyttäjien suosioon (Laitila 2015). Yhtenä ongelmana näiden käytössä on käyttäjien sosiaalisen hyväksynnän puute, sillä erilaisia raskaita HMD-laitteita käyttävä henkilö erottuu ihmisjoukosta helposti. Teollisuudessa tämä ongelma ei ole yhtä merkittävä, koska laitteiden käyttö liittyy suoraan työtehtäviin eikä siten kiinnitä muiden ihmisten huomiota vastaavasti. HMD-laitteita hyödyntäviä lisätyn todellisuuden ratkaisuja tullaankin lähitulevaisuudessa näkemään enemmän teollisuuden puolella (Laitila 2015). Mahdollisuus käyttää lisätyn todellisuuden sovelluksia älypuhelimella on kuitenkin laajentamassa lisätyn todellisuuden potentiaalisia käyttäjämääriä merkittävästi sekä kuluttajamarkkinoilla että teollisuudessa. Porter & Heppelmann (2017) ennustavat lisätyn todellisuuden muodostuvan selvästi virtuaalitodellisuutta merkittävämmäksi teknologiaksi liiketoiminnassa.

Viime vuosien parannukset mobiililaitteiden laskentatehossa, sensoreissa ja funktionaalisuudessa ovat johtaneet mobiilien lisätyn todellisuuden järjestelmien kehittämiseen (Azuma et al. 2001, s. 40; Woodward et al. 2014, s. 306) ja lisätyn todellisuuden ratkaisut ovatkin painottuneet selvästi mobiilimpaan suuntaan (Bimber &

Raskar 2005, s. 5; Siljamäki 2010). Älypuhelin, tablettien ja muiden kannettavien laitteiden parantuneet näyttöteknologiat sekä monipuoliset anturit ja sensorit ovat mahdollistaneet lisätyn todellisuuden sovellusten monipuolisemman kehittämisen. Lisätyn todellisuuden sovellusten käyttämien laitteiden helppo liikuteltavuus on olennaista niiden käyttöönoton ja käytön onnistumisessa. (Chi et al. 2013, s. 117.) Valtaosa lisätyn todellisuuden sovelluksista on myös toteutettu mobiililaitteille (Porter & Heppelmann 2017). Lisätyn todellisuuden sovelluksia on nyt laajasti saatavilla myös tavallisille kuluttajille vain korkean tason laboratoriotutkimuksen ja teollisuuden sijaan (Bower et al. 2014, s. 2).

Lisätyn todellisuuden sovellusten kehittämiseksi on nykyään saatavilla useita eri kehitysalustoja. Googlen julkaisema ARCore ja Applen ARKit tarjoavat omilla laitteillaan ja käyttöympäristöillään houkuttelevan määrän potentiaalisia asiakkaita varsinkin kuluttajasegmentissä (Goode 2017). Sovelluskehittäjien määrän lisääntyessä näillä alustoilla tullaan todennäköisesti kuluttajapuolen lisäksi kehittämään sovelluksia myös teollisuuden erikoiskäyttöön, jolloin kuluttajille suunnattujen sovellusten kehittämisessä kerättyä tietotaitoa voidaan soveltaa myös teollisuuden kontekstissa.

## 2.2. Lisätyn todellisuuden järjestelmän osa-alueet

Lisätty todellisuus hyödyntää monenlaisia eri lähestymistapoja ja teknologioita virtuaalisen ja todellisen maailman yhdistämisessä. Lisätty todellisuus on siis korkeamman tason käsite eikä mikään yksittäinen teknologia. Lisätyn todellisuuden ratkaisujen luomisessa hyödynnetään useita eri teknologioita (Chi et al. 2013, s. 117). Chi et al. (2013, s. 117–118) tunnistavat neljä kriittistä osa-aluetta lisätyn todellisuuden ratkaisujen luomisessa:

1. Paikannusteknologiat
2. Luonnollinen käyttöliittymä
3. Pilvessä tehtävä tietojenkäsittely
4. Kannettavat ja mobiilit laitteet

Paikannusteknologioita vaaditaan tunnistamaan sovelluksen tunnistamien kohteiden asennot, jotta lisätyn todellisuuden sovellus pystyy vakuuttavasti yhdistämään virtuaalista informaatiota todelliseen ympäristöön. Paikannusteknologiat ovat lisätyn todellisuuden sovellusten ydintoiminnallisuutta ja niiden kehitys vaikuttaa huomattavasti sen sovellusten tulevaan kehitykseen. Lisätyssä todellisuudessa hyödynnettyjä paikannusteknologioita ovat esimerkiksi GPS (Global Positioning System), UWB (Ultra-Wide Band), SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) ja RFID (Radio Frequency Identification). Ympäristön monimutkaisuus, signaalin laatu sekä sensorien toimintaetäisyys ja epävarmuus asettavat haasteita näiden paikannusmenetelmien tarkkuudelle. (Chi et al. 2013, s. 117.) Paikannusteknologioiden

kehitys on ollut viime aikoina nopeaa ja niitä on kehitetty toimimaan paremmin myös sisätiloissa (Woodward et al. 2014, s. 306).

Paikkatietoa voidaan kerätä useiden eri sensorien ja teknologioiden avulla. Tulevaisuudessa lisätyssä todellisuudessa tullaan hyödyntämään yhä enemmän hybridisiä paikannustekniikoita ratkaisujen luotettavuuden ja tarkkuuden varmistamiseksi, jotta tieto käyttäjän sijainnista ja suhteesta todelliseen ympäristöön pystytään ylläpitämään esimerkiksi käyttäjän siirtyessä sisä- ja ulkotilojen välillä (Billinghurst et al. 2015, s. 124). Hybridilähestymistavalla voidaan myös parantaa lisätyn todellisuuden sovelluksen toimintavarmuutta yhden paikannusteknologian toimintahäiriöiden varalta (Chi et al. 2013, s. 119; Billinghurst et al. 2015, s. 124). Tällä lähestymistavalla voidaan myös mahdollisesti säästää lisätyn todellisuuden sovelluksen käyttämän laitteen akkua ja pidentää laitteen käyttöaika, sillä eri paikannusteknologioiden asettamat vaatimukset akun käytön suhteen vaihtelevat (Martinez et al. 2014, s. 32).

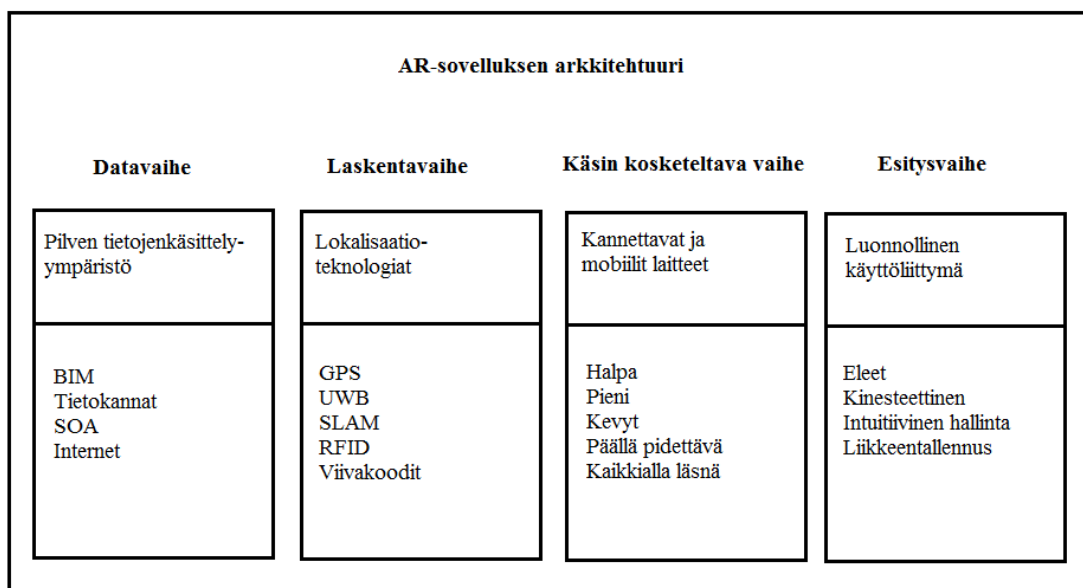
Eri paikannusteknologioiden heikkoudet ja vahvuudet vaihtelevat huomattavasti toisiinsa nähden ja sopivan paikannusteknologian valinta riippuu myös suunnitellun sovelluksen käyttökontekstista (Carmigniani et al. 2011, s. 345; Mekni & Lemieux 2014, s. 206). Osa teknologioista on suunniteltu toimimaan erityisesti ulkotiloissa, jolloin niiden hyödyntäminen paikantamiseen sisätiloissa ei ole lisätyn todellisuuden sovellusten kannalta järkevää (Savioja et al. 2007, s. 563). Teknologioiden paikannuksen tarkkuusasteet vaihtelevat myös merkittävästi. Sovellusta kehittäessä tuleekin huomioida eri teknologioiden hinta, tehtävien vaatima tarkkuusaste ja teknologioiden häiriöalttius suunnitellussa käyttökontekstissa. (Curran et al. 2011.)

Luonnolliset käyttöliittymät ovat Chi et al. (2013, s. 119) mukaan intuitiivisia hallintamekanismeja, jotka hyödyntävät ihmiselle luontaisia toimintatapoja ja eleitä. Tällöin käyttäjälle asetetut osaamisvaatimukset lisätyn todellisuuden sovellusten käytöstä vähenevät. Lisätyn todellisuuden sovelluksen käytettävyyttä riippuu sen käyttöliittymän laadusta. Intuitiivisten syöttötapojen hyödyntäminen auttaa käyttäjiä erityisesti dynaamisissa ympäristöissä, joissa käyttäjän huomiokyky on jakautunut usean eri asian suhteen. Tämä on olennaista varsinkin tiettyjen työympäristöjen turvallisuusnäkökohtien vuoksi, jolloin käyttäjä ei pysty tarkasti kiinnittämään huomiotaan lisätyn todellisuuden sovelluksen käyttöön. Tulevaisuuden tutkimuspanokset tulevat keskittymään siihen, miten ihmismielen eri ominaisuuksia voidaan käyttää lisätyn todellisuuden hyödyntämien laitteiden hallintaan ja ohjaamiseen (Chi et al. 2013, s. 119).

Internet ja erityisesti pilvessä tapahtuva tietojenkäsittely ja laskentatyö mahdollistavat lisätyn todellisuuden sovellusten entistä laajemman käytön ja laitteiden pienemmän koon loppukäyttäjän käyttämän laitteen prosessointivaatimusten vähetessä (Azuma et al.

2001, s. 42; Martinez et al. 2014, s. 29). Käyttäjät voivat hyödyntää lisätyn todellisuuden sovellusta pilvessä käsiteltävän informaation tarkasteluun, joka auttaa käyttäjiä erityisesti paljon dynaamista ja usean eri käyttäjän kesken jaetun informaation tarkastelua vaativissa tehtävissä, kuten rakennusaikataulujen valvonnassa ja kiinteistöjen ylläpidossa (Chi et al. 2013, s. 118). Tietojenkäsittelyn siirtämisessä pilveen on ongelmana jatkuvan internet-yhteyden saatavuuden varmistaminen (Martinez et al. 2014, s. 29).

Lisätyn todellisuuden sovellusten käyttämien laitteiden koko, paino, suorituskyky ja hinta vaikuttavat siihen, kuinka helposti lisätyn todellisuuden sovelluksia voidaan ottaa käyttöön erilaisissa tehtävissä. Lisätyn todellisuuden teknologioilla on tarkoitus toteuttaa liikuteltavia ja kaikkialla toimivia sovelluksia. (Chi et al. 2013, s. 118.) Teknologian kehitys on mahdollistanut lisätyn todellisuuden vaatimien näyttö- ja operointivaatimusten täyttämisen ja laitteiden samanaikaisen helpon kuljetettavuuden. Lisätyn todellisuuden vaatimaa funktionaalisuutta sisältävät laitteet ovat muuttumassa pienemmiksi, hienostuneimmiksi ja jopa päälle puettaviksi (Chi et al. 2013, s. 120).



**Kuva 4.** Lisätyn todellisuuden sovelluksen arkkitehtuuri (mukailtu Chi et al. 2013, s. 118)

Chi et al. (2013) tunnistamia lisätyn todellisuuden vaatimien teknologioiden osa-alueita voidaan havainnollistaa kuvan 4 mukaisesti. Huomioitavaa on, että sovelluksesta riippuen teknologiavalinnat ja eri osa-alueiden painotukset voivat vaihdella huomattavasti. Kevyemmissä lisätyn todellisuuden sovelluksissa ei esimerkiksi todennäköisesti vielä hyödynnetä rakennuksen tietomalleja (engl. Building Information Modeling, BIM) kun taas laajemmissa ja kattavammissa sovelluksissa eri teknologioiden käyttöaste ja niiden välinen integrointi ovat korkeammalla tasolla.



**Kuva 5.** Lisätyn todellisuus osa-alueet (mukailtu Bimber & Raskar 2005, s. 6)

Bimber & Raskar (2005) mukaan lisätty todellisuus taas rakentuu kuvan 5 mukaisista osioista. Käyttäjä hyödyntää lisättyä todellisuutta sovelluksen kautta, jonka kanssa käyttäjä on vuorovaikutuksessa erilaisten laitteiden ja vuorovaikutustekniikoiden avulla. Sovellus esittää käyttäjälle olennaista informaatiota erilaisten sisällönlouonnin työkalujen avulla. Pohjimmaisina osioina sovelluksen toiminnassa ovat sisällön renderointi käytetyn näyttötekniologian mukaisesti sekä käyttäjän ympäristön ja siihen lisättyjen virtuaalisten objektien seuranta ja rekisteröinti. Näitä toimintoja esitellään tarkemmin seuraavissa luvuissa. Molemmista malleista käy selväksi, että lisätty todellisuus ei ole mikään yksittäinen teknologia, vaan se rakentuu monista eri osa-alueista, joiden painotus ja sisältö vaihtelevat sovelluksen käyttökontekstin mukaan.

### 2.3. Lisätyn todellisuuden sovelluksen toiminta

Ensimmäisenä vaiheena lisätyn todellisuuden sovelluksen toiminnassa on käyttäjän todellisessa ympäristössä sijaitsevien objektien sijainnin ja asennon rekisteröinti (engl. registration) laitteen kameran suhteen, jota seuraa asemointi- ja seurantavaihe (engl. tracking), jonka aikana sovellus päivittää käyttäjän muuttuvaa asemaa todellisten ja ympäristöön sijoitettujen virtuaalisten objektien suhteen (Wang et al. 2013, s. 2; Billinghurst et al. 2015, s. 104). Käyttäjän näkökulman ja aseman tunnistaminen ja kohdentaminen ovat olennaisia teknologioita uskottavan lisätyn todellisuuden mahdollistamisessa ja kriittisiä lisätyn todellisuuden objektien tarkalle sijoittamiselle kolmiulotteisessa näkymässä (Azuma et al. 2001, s. 36; Bimber & Raskar 2005, s. 4; Billinghurst et al. 2015, s. 220). Lisätyssä todellisuudessa objektien rekisteröinnin ja asemoinnin tulee olla niin tarkkaa kuin mahdollista, jotta virtuaalinen sisältö on tarkasti sidoksissa ja kohdennettuna todelliseen ympäristöön (Billinghurst et al. 2015, s. 80).

Objektien tunnistus, rekisteröinti ja kohdentaminen voidaan jakaa merkkipohjaiseen (engl. marker-based) ja merkittömään (engl. markerless) lähestymistapaan. *Merkkipohjaisessa lähestymistavassa* hyödynnetään jo ennakkoon määriteltyjä merkkejä, jotka lisätyn todellisuuden sovellus tunnistaa ja määrittelee sen mukaan



tarkan sijainnin käyttäjälle ja käyttäjän näkymään sijoitettaville virtuaalisille objekteille tunnistettuun merkkiin nähden. (Chi et al. s. 117.) Käytännön esimerkkinä merkkipohjaisesta tunnistuksesta voidaan pitää tuotekatalogia, jossa sovellus tunnistaa katalogin sivulta löytyvän merkin perusteella, millä sivulla käyttäjä on ja sovellus näyttää sen perusteella käyttäjälle kolmiulotteisen kuvan tuotekatalogin sivun sisällöstä. Sovellus tietää siis jo ennalta minkä muotoisia merkkejä sen tulee etsiä ympäristöstä ja mitä se näyttää käyttäjälle nämä merkit tunnistettuaan. Kuvassa 6 on esitetty esimerkki merkkipohjaisessa tunnistuksessa käytetystä merkistä.



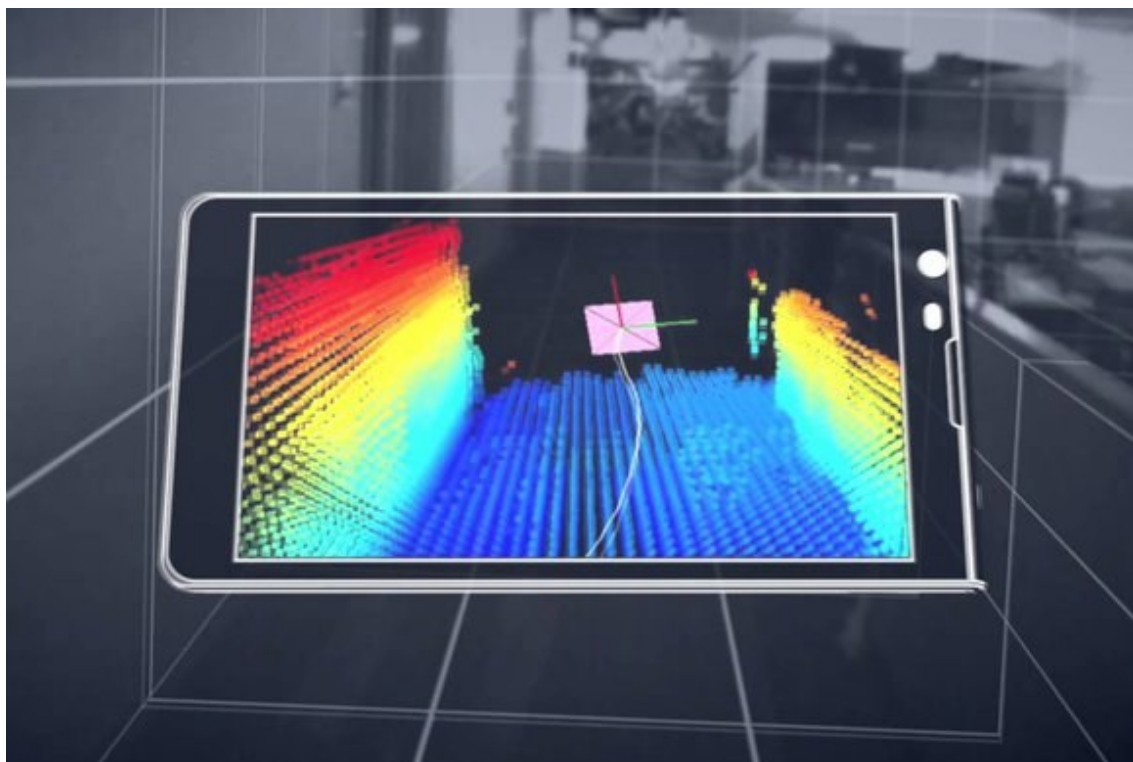
**Kuva 6.** Esimerkki merkkipohjaisessa tunnistuksessa käytettävästä merkistä.

Merkkipohjaisten tunnistustapojen hyödyntäminen on kuitenkin vaikeaa ja epäkäytännöllistä ennalta määrittelemättömissä ja dynaamisissa ympäristöissä, kuten rakennustyömailla, niiden monimutkaisuuden ja ennalta-arvaamattomuuden vuoksi, jolloin lisätyn todellisuuden sovellusten käyttämien merkkien sijoittaminen on ongelmallista (Azuma et al. 2001, s. 36). Merkkien sijoittaminen ja ylläpitäminen vaativat paljon työtä myös muissa konteksteissa (Koch et al. 2014, s. 21; Martinez et al. 2014, s. 30). Merkkien kuluminen ja tuhoutuminen on myös mahdollista käyttökontekstista riippuen (Martinez et al. 2013, s. 7). Tietyissä merkkipohjaisissa menetelmissä ongelmana on myös merkkien rekisteröinnin epäonnistuminen tilanteissa, jossa osa merkistä jää jonkin toisen objektin peittoon. Menetelmässä on myös riskinä väärin tunnistusten (engl. false positive) tekeminen, jolloin sovellus näyttää lisätyn todellisuuden sisältöä väärässä paikassa. (Billinghurst et al. 2015, s. 110.) Merkkipohjaisten tunnistusmenetelmien etuna merkittäviin tunnistusmenetelmiin nähden on muistinkäytön vähäisyys ja tunnistuksen ja rekisteröinnin nopeus (Martinez et al. 2013, s. 3).

Uudemmat *merkittömään tunnistukseen* perustuvat teknologiat voivat kuitenkin tunnistaa monimutkaisten ympäristöjen ainutlaatuisia piirteitä ja sijoittaa lisätyn todellisuuden sovelluksessa käytettävät virtuaaliobjektit näiden piirteiden avulla (Chi et al. 2013, s. 117). Teknologian kehittyessä lisätyn todellisuuden ratkaisuihin on siirrytty yhä enemmän kohti merkitöntä tunnistustapaa. Merkittömän tunnistuksen lähestymistavat voidaan jakaa piirrepohjaiseen (engl. feature-based) ja mallipohjaiseen (engl. model-based) tunnistukseen (Irizarry et al. 2013, s. 14). Piirrepohjaisessa tunnistuksessa keskitytään todellisessa ympäristössä esiintyviin helposti tunnistettaviin piirteisiin, kuten seiniin ja muihin pintoihin. Sovellus tunnistaa monimutkaisten

kuvankäsittelyalgoritmien avulla ainutlaatuisia piirteitä kameran tallentamista kuvista ja määrittelee käyttäjän aseman ympäristöön nähden niiden perusteella (Billinghurst et al. 2015, s. 113). Mallipohjaisessa tunnistuksessa voidaan hyödyntää tilasta saatavilla olevia kolmiulotteisia tietomalleja, joiden avulla määritetään käyttäjän sijainti ja suhteellinen asento ympäristöön nähden (Billinghurst et al. 2015, s. 119). Tietomalli sovitetaan tunnistettuun ympäristöön sen piirteiden perusteella (Irizarry et al. 2013, s. 14).

Sensorien kehittyessä ja laitteiden laskentatehon kasvaessa käyttäjän asemointia on pystytty määrittelemään tunnistamalla ympäristön kolmiulotteisia rakenteita (Billinghurst et al. 2015, s. 120). Tässä menetelmässä hyödynnetään valon eri ominaisuuksia informaation keräämiseksi ympäristön kolmiulotteisista rakenteista. Näiden tunnistus- ja asemointitekniikoiden tukena voidaan käyttää myös erilaisia sensoreita, kuten kiihtyvyysantureita, gyroskooppeja ja magnetometreja käyttäjän orientaation ja liikkeen jatkuvan päivittämisen apuna tarkkaillun ympäristön suhteen (Martinez et al. 2014, s. 29; Billinghurst et al. 2015, s. 122). Esimerkkinä kehittyneestä merkittömästä tunnistuksesta on kuvassa 7 näkyvä Googlen Tango-järjestelmä, joka hyödyntää useita eri sensoreita ja kameroita ympäristön reaaliaikaiseen kolmiulotteiseen havainnointiin (Billinghurst et al. 2015, s. 222). Tällaisten pistepilvipohjaisten lähestymistapojen hyödyntäminen mahdollistaa jopa ihmisten liikkumisen seurannan (Martinez et al. 2014, s. 28–29).



**Kuva 7.** Googlen Tango-järjestelmän rakentama kuva kolmiulotteisesta ympäristöstä (Elgan 2016)

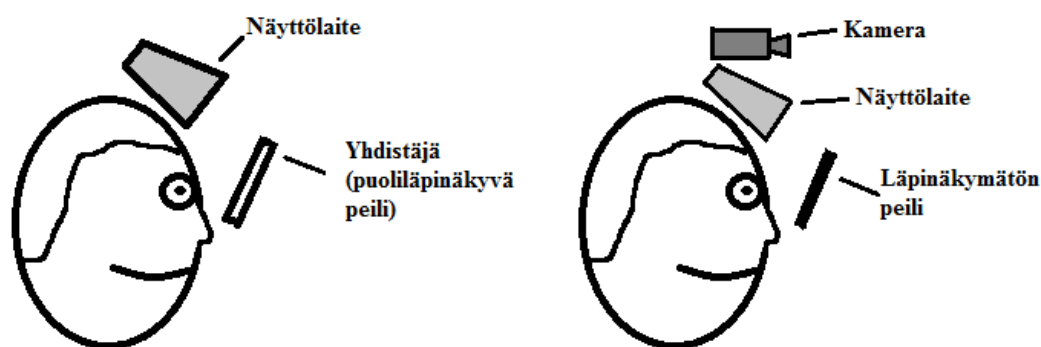
Käyttäjän ja ympäristön rekisteröinnissä ja seurannassa on tapahtunut paljon kehitystä yksinkertaisista merkkipohjaisista tunnistusmenetelmistä piirre- ja mallipohjaisiin sekä useita eri menetelmiä hyödyntäviin hybridiseurantametodeihin asti. Missä tahansa ympäristössä ja sisä- ja ulkotilojen välillä saumattomasti ja luotettavasti toimiviin seurantametodeihin pääseminen vaatii kuitenkin vielä paljon kehitystyötä (Billinghurst et al. 2015, s. 220).

Lopullisena vaiheena on päätellä mitä näihin tunnistettuihin sijainteihin ja objekteihin liittyvää digitaalista sisältöä tulisi näyttää ja yhdistää näkymä todellisesta ja virtuaalisesta ympäristöstä reaaliaikaisesti (Bimber & Raskar 2005, s. 5; Chi et al. 2013, s. 117). Kontekstitietoinen lisätty todellisuus hyödyntää ympäristön tunnettuja muuttujia, kuten aikaa, sijaintia ja aluekohtaisia ominaisuuksia, päättämään mitä informaatiota käyttäjälle tulisi näyttää (Chi et al. 2013, s. 120). Lisätyn todellisuuden sovellukset usein nojaavat aiempaan digitalisaatioon, koska lisätyllä todellisuudella saatavat hyödyt perustuvat käyttäjän sen hetkiseen paikkaan liittyvän relevantin informaation esittämiseen suoraan käyttäjän käyttökontekstissa (Wang 2009, s. 321). Tätä informaatiota on luonnollisesti vaikea löytää ja jakaa, jollei se ole jo valmiiksi digitaalisessa muodossa. Todelliseen näkymään lisätty digitaalinen informaatio tulee esittää mahdollisimman reaaliaikaisesti ja laadukkaasti (Wang 2009, s. 323).

## 2.4. Lisätyn todellisuuden näyttöteknologiat

Lisätyn todellisuuden järjestelmissä hyödynnettävät näytöt voidaan Azuma et al. (2001, s. 35) mukaan luokitella päässä pidettäviin näyttöihin (engl. Head-Mounted Display, HMD), kädessä pidettäviin näyttöihin sekä projektionäyttöihin. *Päässä pidettävissä näytöissä* laitteen näyttö on sijoitettuna suoraan käyttäjien silmien eteen. Päässä pidettävät näytöt voidaan edelleen jakaa läpinäkyviin eli optisiin näyttöihin ja läpinäkymättömiin videonäyttöihin. Optisissa näytöissä käyttäjä tarkkailee reaaliaikaisesti ympäristöä läpinäkyvän näyttölaitteen lävitse, johon lisätään erilaisten tekniikoiden avulla virtuaalista informaatiota. Videonäytöissä laitteen kameran tallentama kuva ja videokuvaan lisätty virtuaalinen informaatio toistetaan läpinäkymättömässä näytössä.

Esimerkkejä lisätyssä todellisuudessa hyödynnettävistä HMD-laitteista ovat Google Glass -älylasit ja Microsoftin HoloLens-järjestelmä (Luotola 2015). Molemmat näistä laitteista hyödyntävät optisia näyttöjä. Kädessä pidettävät näytöt taas käyttävät pääasiassa videopohjaisia näyttöjä. Tutkimusten mukaan 93 % lisätyn todellisuuden järjestelmistä käyttää videopohjaisia näyttöjä ja 7 % optisia näyttöjä (Wang et al. 2013, s. 10). HMD-laitteita hyödyntävät sovellukset ovat siis selvänä vähemmistönä tarkasteltaessa lisättyä todellisuutta kokonaisuutena. Niiden etuna kädessä pidettäviin näyttöihin verrattuna on kuitenkin siinä, että käyttäjän molemmat kädet ovat täysin vapaina eri tehtävien suorittamiseen (Bimber & Raskar 2005, s. 83).



**Kuva 8.** HMD-laitteiden jaottelu (mukailtu Azuma et al. 2001, s. 35).

HMD-laitteiden eroja voidaan havainnollistaa kuvan 8 mukaisesti. Azuma et al. (2001) ja Bimber & Raskar (2005) mukaan päässä pidettävien näyttöjen ongelmina ovat olleet näyttöjen alhainen resoluutio, kirkkaus ja kontrasti, alhainen käyttäjän näkökentän laajuus sekä HMD-laitteiden koko ja paino. Optisissa näytöissä esitettävät virtuaaliset objektit eivät myöskään pysty täysin peittämään todellisen ympäristön objekteja. Lisätyn todellisuuden asettamat vaatimukset käyttäjän näkökentän laajuudelle ovat kuitenkin alhaisemmat kuin virtuaalitodellisuuden järjestelmissä (Billinghurst et al. 2015, s. 80).

Optisissa näyttöratkaisuisissa käyttäjän ja todellisen maailman rekisteröinnin ja seurannan tärkeys korostuu, sillä käyttäjä näkee helpommin pienetkin ristiriitaisuudet objektien asemoinnissa (Billinghurst et al. 2015, s. 80). Optisissa näytöissä virtuaaliset objektit eivät siis näytä olevan yhtä tiukasti kiinnitettyinä todelliseen ympäristöön videonäyttöihin verrattaessa (Carmigniani et al. 2011, s. 347). Optisten näyttöjen suurimpana etuna videonäyttöihin on siinä, että käyttäjät pystyvät jatkuvasti suoraan tarkkailemaan todellista ympäristöään (Billinghurst et al. 2015, s. 134). Käyttäjä näkee todellisen ympäristön suoraan, jolloin näkymä on luonnollisempi videonäytöissä toistetun videon alhaisempaan resoluutioon verrattuna (Carmigniani et al. 2011, s. 347).

Videonäytöt hyödyntävät digitaalisia prosesseja yhdistämään virtuaalista informaatiota kuvaan todellisesta ympäristöstä. Kameran tallentama kuva todellisesta ympäristöstä tuodaan järjestelmään digitaalisessa muodossa ja järjestelmä yhdistää virtuaalisen informaation tähän kuvaan todellisesta ympäristöstä. Tämä komposiittikuva esitetään seuraavaksi käyttäjän näytöllä ja käyttäjä tarkkailee ympäristöä epäsuorasti videokuvan kautta. (Billinghurst et al. 2015, s. 128–129.) Videonäytöissä ongelmana on ollut kameran sijoituksesta johtuva parallax-virhe, joka johtuu laitteen kameran sijoittamisesta eri asemaan käyttäjän silmien tason suhteen. Tämä voi vaikuttaa negatiivisesti suorituskykyyn käyttäjän sopeutumisvaikeuksien vuoksi (Azuma et al. 2001, s. 40). Ongelmana on myös näytön resoluution, vääristymien sekä viiveen

aiheuttamat riskit käyttöturvallisuudelle (Billinghurst et al. 2015, s. 132). Uudemmat HMD-laitteet ovat kuitenkin parantuneet kaikilla osa-alueilla tekniikan kehittyessä.

*Kädessä pidettäviin näyttöihin* luetaan kannettavat tietokoneet, tabletit ja älypuhelimet, jotka yhdistävät korkearesoluutioisen näytön tarkkaan kameraan (Azuma et al. 2001, s. 35). Näissä ratkaisuissa käyttäjät tarkkailevat ympäristöään epäsuorasti näytön videokuvan kautta. Näiden laitteiden sisältämiä erilaisia sensoreita ja antureita hyödynnetään myös lisätyssä todellisuudessa. Myös kädessä pidettävissä näytöissä kameran resoluutio on aiemmin ollut ongelmana (Siljamäki 2010), mutta myös tällä alueella on tapahtunut merkittävää kehitystä. Lisätyn todellisuuden tulevaisuudenkehitys tulee todennäköisesti keskittymään näihin laitteisiin ainakin kuluttajapuolella iOS- ja Android-alustojen suuremman potentiaalisen käyttäjäkunnan ansiosta (Goode 2017; Vänskä 2017). Kädessä pidettävät näytöt asettavat kuitenkin rajoituksia vapaita käsiä vaativien työtehtävien suorittamisessa (Bimber & Raskar 2005, s. 83).

*Projektionäytöissä* haluttu virtuaalinen informaatio projisoidaan suoraan halutulle ympäristön pinnalle (Azuma et al. 2001, s. 35). Informaation projisoinnissa voidaan hyödyntää myös useita projektoreita epätasaisten pintojen paremmaksi kattamiseksi. Käyttäjän ei kiinteiden projektoreiden vuoksi tarvitse itse pitää mitään laitteita päällään, mutta näyttötekniologia on aiemmin rajoittanut lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttämisen vain tiettyyn ennalta valmisteltuun paikkaan (Carmigniani et al. 2011, s. 348). Projektoreiden koon kehittämisessä pienempään suuntaan on tapahtunut kehitystä ja käyttäjät voivat nykyään pitää niitä jopa kädessään tai päässään (Billinghurst et al. 2015, s. 136). Projektorit vaativat kuitenkin fyysisen alustan projisoidulle sisällölle ja tämä saattaa rajoittaa lisätyn todellisuuden sisältöjen lisäämisen vain käyttäjien välittömään läheisyyteen. Projektionäytöt ovat myös alttiimpia huonoille valaistusolosuhteille. (Billinghurst et al. 2015, s. 137.) Projektionäytöt skaalautuvat kuitenkin paremmin ryhmätyöskentelylle, sillä jokaisen ryhmän jäsenen ei tarvitse käyttää erillistä laitetta (Carmigniani et al. 2011, s. 348).

## **2.5. Lisätyn todellisuuden käyttöönoton mahdollisuudet sovellusalueittain**

Uusia teknologioita käyttöönotettaessa on ensin mietittävä, että pyritäänkö sen avulla vain tehostamaan aiempia toimintoja esimerkiksi parantamalla turvallisuutta sekä tuottavuutta vai pyritäänkö uudella teknologialla uudistamaan liiketoimintaa ja tarjoamaan uudenlaisia palveluita. Uusilla teknologisilla ratkaisuilla voidaan keskittyä joko organisaation sisäisen arvonaluonnin parantamiseen työnteon tehostamisella tai ulkoiseen arvonaluontiin tarjoamalla uusia palveluita ja tuotteita asiakkaille (Rauschnabel et al. 2015, s. 7–8).

Kiinteistö- ja rakennusosalalle sopivien ratkaisujen pohdinnan tukena on hyvä ensin tarkastella, miten lisättyä todellisuutta on hyödynnetty eri toimialojen konteksteissa (Chu et al. 2018, s. 306). Kanervan & Haapasalon (2005) mukaan kiinteistö- ja rakennusala ei ole perinteisesti ollut uusien tietoteknisten ratkaisujen käyttöönoton kärjessä vaan alalla on vasta myöhemmin alettu soveltaa ratkaisuja, joista on jo saatavilla käyttökokemuksia muilta toimialoilta.

Kuluttajille suunnatut lisätyn todellisuuden sovellukset ovat olleet melko yksinkertaisia toiminnallisuudeltaan ja niitä on käytetty pääasiassa staattisissa ympäristöissä viihdetarkoituksiin eivätkä ne täten ole aiemmin vaatineet kovin korkeaa tarkkuutta. Yrityskäytössä sovelluksilta taas vaaditaan korkeaa tarkkuutta ja joustavuutta. (Irizarry et al. 2013, s. 11.) Kuluttajamarkkinoilla lisätyn todellisuuden sovellusten käyttöönotto tulee vielä jatkossa keskittymään mobiileihin ja matalamman tason teknologiaa käyttäviin sovelluksiin (Somasegar & Lian 2017). VTT:n tutkimusprofessori Charles Woodwardin mukaan lisätyn todellisuuden hyödyntämisestä voi pian tulla kuluttajille arkipäivää (Siljamäki 2010).

### **2.5.1. Sotilasala**

Ensimmäiset lisätyn todellisuuden järjestelmät keskittyivät sotilaallisiin, opetuksellisiin, teollisiin ja lääketieteellisiin sovelluksiin (van Krevelen & Poelman 2010, s. 10; Billingham et al. 2015, s. 74). Sotilasala oli yksi lisätyn todellisuuden ensimmäisiä sovellusalueita ja esimerkiksi hävittäjälentokoneiden lentäjien kypäriässä on hyödynnetty lisättyä todellisuutta jo vuosia (Porter & Heppelmann 2017). Viime aikoina Yhdysvaltojen armeija on tutkinut miehittämättömistä lennokeista kerätyn tiedustelutiedon esittämistä maassa toimivien sotilaiden tueksi lisätyn todellisuuden avulla (van Krevelen & Poelman 2010, s. 12). Pentagonin suunnittelu- ja kehitysosasto DARPA on kehittämässä lisätyn todellisuuden avulla sotilaille supernäköä vastaavia toiminnallisuuksia (Mizokami 2017). Tarkoituksena on näyttää sotilaille todellinen taistelukenttä ja lisätä sotilaan näkymään hänen kannaltaan olennaista digitaalista informaatiota (Mekni & Lemieux 2014, s. 207).

### **2.5.2. Lääketiede**

Lääketieteessä lisättyä todellisuutta voidaan hyödyntää lääketieteellisen datan visualisoinnissa, koulutusapuna sekä tukena kirurgiassa (Mekni & Lemieux 2014, s. 207). Lisättyä todellisuutta on sovellettu ihmisen anatomian opiskelussa hyvin tuloksin (Chien et al. 2010). Erilaisten lääketieteellisten kuvantamismenetelmien avulla kerättyä tietoa voidaan yhdistää reaaliaikaisesti lääkärin näkymään potilaasta antaen lääkärille näkymän potilaan sisälle (Billingham et al. 2015, s. 74). Lisätyllä todellisuudella siis mahdollistetaan lääkärille sisäinen näkymä potilaasta, jolloin esimerkiksi suurien leikkaushaavojen tekemisen tarve vähentyy (Azuma 1997, s. 357; Martinez et al. 2014, s. 33). Potilaasta tunnistettavan lämpösäteilyn avulla pystytään myös esimerkiksi

korostamaan potilaan suonia lisätyn todellisuuden sovelluksella toimenpiteiden onnistumistodennäköisyyden parantamiseksi (Porter & Heppelmann 2017). Lisätystä todellisuudesta on hyötyä myös kommunikointiapuna lääkärin ja potilaan välillä, kun lääkäri voi visualisoida ja havainnollistaa potilaan tilannetta ja mahdollisia hoitovaihtoehtoja potilaalle lisätyn todellisuuden avulla (Martinez et al. 2014, s. 33).

### **2.5.3. Teollisuus**

Suunnittelu- ja kehitystoiminta, prosessien tehostaminen sekä yhteistyön edistäminen ovat merkittäviä osa-alueita, joissa lisätty todellisuus saattaa osoittautua hyödylliseksi ratkaisuksi yritystoiminnassa (van Krevelen & Poelman 2010, s. 11; Rauschnabel et al. 2015). Teollisuus on lisätyn todellisuuden potentiaalisimpia sovelluskohteita, koska sitä voidaan hyödyntää tuotteen koko elinkaaren aikana tuotesuunnittelusta työntekijöiden koulutukseen, tuotannon tukemiseen, laitosten ylläpitoon sekä kustannusten vähentämiseen ja laadun parantamiseen (Martinez et al. 2014, s. 30; Mekni & Lemieux 2014, s. 208).

Kokoonpano-ohjeiden tuomista tehdastyöntekijöiden todelliseen näkymään lisätyn todellisuuden avulla on kokeiltu tuhansissa yrityksissä (Porter & Heppelmann 2017). Esimerkiksi eräissä kokoonpanotehtävissä valmistusaikojä onnistuttiin lyhentämään 25 prosentilla ja tarkistusprosessia nopeuttamaan 30 prosentilla hyödyntämällä Google Glass -lasien avulla lisätyn todellisuuden ratkaisua (Komonen 2017). Myös Boeing on hyödyntänyt Google Glass -laseja lentokoneiden kokoonpanossa onnistuen nopeuttamaan tuotantoaikoja 25 prosentilla ja vähentämään lentokoneiden johtojen kasaamisessa tapahtuneita virheitä yli puolella (Sacco 2016).

Perinteiseen fyysiseen ohjekirjaan verrattuna informaation ja ohjeiden upottamisella suoraan käyttäjän tehtävien kontekstiin voidaan vähentää virheitä jopa 82 prosentilla (Mekni & Lemieux 2014, s. 208). Newport News Shipbuilding esimerkiksi onnistui vähentämään lentotukialusten valmistuksen lopussa tehtäviin tarkastuksiin kuluva aikaa 96 prosentilla hyödyntämällä lisättyä todellisuutta (Porter & Heppelmann 2017). Lisätyn todellisuuden sovellukset voivat myös tunnistaa eri laitteistoja ja niiden osia, jolloin järjestelmä pystyy näyttämään käyttäjälle tekstimuodossa tunnistettuun osaan liittyvää informaatiota (Azuma 1997, s. 361).

Tuotteiden prototyyppien tuottamisessa lisätyllä todellisuudella voidaan nopeuttaa itse prosessia, tuottaa prototyypit niiden oikeassa mittakaavassa esitettäväksi, muuttaa nopeasti prototyyppien eri ominaisuuksia ja säästää fyysisten prototyyppien tuottamisessa syntyvissä materiaalikustannuksissa (Martinez et al. 2014, s. 30). Volkswagen on suunnitellut hyödyntävänsä lisättyä todellisuutta laskennallisten ja todellisten törmäystestitulosten visuaaliseen vertailuun (van Krevelen & Poelman 2010, s. 11) ja Ford käyttää lisättyä todellisuutta suunnittelun apuna suunnittelijoiden ja insinöörien yhteistyössä suunnitellun auton eri suunnitteluvaihtoehtojen nopeaan

vertailuun ja muuttamiseen (Adams 2017). Tuotteiden suunnitteluprojekteissa lisätyllä todellisuudella voidaan parantaa eri sidosryhmien välistä yhteistyötä mahdollistamalla reaaliaikaisten muutosten tekeminen suunniteltuun tuotteeseen käyttäjien sijainnista huolimatta (Rauschnabel et al. 2015, s. 9).

Yhdysvaltain avaruushallinto Nasa on käyttänyt Microsoftin HoloLens-laitteita kansainvälisen avaruusasema ISS:n laitteiden käytön ohjeistuksen tukena ja lyhentämään niiden käyttöön vaadittavan perehdytyksen kestoa (Hartig 2015). Honda ja Volvo ovat hyödyntäneet lisätyn todellisuuden ratkaisuja auttaakseen huoltohenkilöstöään ajoneuvojen huoltohistorian tarkastelemisessa (van Krevelen & Poelman 2010, s. 12). Henderson & Feiner (2009) tutkimuksessa mekaanikkojen tehtävien paikannus ja tehtävien suorittaminen paranivat huomattavasti lisätyn todellisuuden järjestelmän avulla aiempiin toimintatapoihin verrattuna. Asiantuntijoiden lisätyn todellisuuden avulla suorittamalla etäneuvonnalla on saavutettu merkittäviä tehokkuushyötyjä ja erään yrityksen mukaan jokainen lisättyyn todellisuuteen sijoitettu dollari palautui yritykselle kaksikymmenkertaisena (Porter & Heppelmann 2017).

Monimutkaisten laitteiden ja kiinteistöjen huolto ja ylläpito vaativat paljon osaamista huoltohenkilöstöltä ja helpon pääsyn huollon kannalta olennaiseen informaatioon (Savioja et al. 2007, s. 554). Lisätyn todellisuuden avulla huoltohenkilöstö voi esimerkiksi tarkastella ympäristöään ”röntgenkatseen” avulla tai automaattisesti tutkia ympäristöään sensorien avulla viedäkseen käyttäjän huomion suurimmille ongelma-alueille (van Krevelen & Poelman 2010, s. 12). Laitteisiin liittyvien ohjeistuksien ymmärtäminen helpottuu, kun ne ovat saatavilla kolmiulotteisina piirroksina sijoitettuna päällekkäin tarkasteltavan laitteen kanssa näyttäen asteittaisia ohjeita vaadittavista toimenpiteistä ja niiden suorittamisesta. Ohjeistukset voidaan myös animoida, jolloin ne muuttuvat entistään havainnollisemmiksi. (Azuma 1997, s. 360.)

Lisätyn todellisuuden ratkaisujen nähdään olevan luonnollinen tapa laitteisiin liittyvän informaation saattamisessa käyttäjien käyttöön (Savioja et al. 2007, s. 563). Lisätyllä todellisuudella on mahdollisuus korvata erilaiset fyysiset käyttöohjeet ja paikantaa ne käyttökontekstin mukaisesti (Martinez et al. 2013, s. 2). Sen sijaan, että käyttöohjeita etsittäisiin manuaalisesti, lisätyn todellisuuden sovelluksella voidaan vain osoittaa tiettyä laitetta ja tunnistettuaan laitteen sovellus tuo esiin kaikki siihen liittyvät käyttöohjeet, huoltokirjat ja opastusvideot. Olennaisen tiedon saatavuuden varmistamisella parannetaan prosessien tehokkuutta (Rauschnabel et al. 2015, s. 9).

#### **2.5.4. Opetusala**

Monet tutkijat ovat tunnistaneet lisätyn todellisuuden merkittävän potentiaalin oppimisen ja opettamisen parantamisessa peruskouluopetuksesta yliopistotason opintoihin asti (Bower et al. 2014, s. 1; Martinez et al. 2014, s. 31; Billingham et al. 2015, s. 207) Lisätty todellisuus voi antaa kognitiivista tukea vaikeiden tehtävien



suorittamisessa upottamalla mediaelementtejä käyttäjän oikean maailman kontekstiin (Bower et al. 2014, s. 2). Lisätyn todellisuuden on myös näytetty olevan hyödyllinen visualisointityökalu, joka lisää käyttäjien ymmärrystä opittavasta asiasta sekä mahdollistaa abstraktien tai normaaleilla ihmisaisteilla näkymättömien konseptien visualisoinnin (Chi et al. 2013, s. 117; Mekni & Lemieux 2014, s. 208). Lisätyn todellisuuden vuorovaikutteisuuden ansiosta se mahdollistaa tekemällä oppimisen. Lisätyn todellisuuden sovellusten käyttö on myös nopeasti opittavissa, joten sovellusten käyttö on mahdollista aloittaa hyvin vähäisellä opastuksella. (Martinez et al. 2014, s. 31.) Opetuskontekstissa nähdyt mahdollisuudet ja hyödyt on mahdollista siirtää kaikenlaisten työtehtävien opastamiseen ja opetteluun.

Lisättyä todellisuutta voidaan hyödyntää myös paikan päällä tapahtuvassa oppimisessa, jossa opettajan johtaman opetuksen sijaan oppilaat ohjaavat itse omaa oppimistaan lisätyn todellisuuden järjestelmän avulla (Virtanen 2015). Opetuksessa lisättyä todellisuutta on hyödynnetty parantamaan oppilaiden ymmärrystä tieteestä (esim. ympäristötieteestä, mikrobiologiasta ja lääketieteestä) ja parantamaan oppilaiden matemaattisia ajattelutaitoja. Erilaisia peli- ja roolileikkielementtejä on hyödynnetty parantamaan opiskelijoiden motivaatiota ja lisäämään suoritettavien harjoitusten autenttisuutta lääketieteessä. Lisätyn todellisuuden hyödyntämisellä luokahuoneessa on näytetty parantavan opiskelijoiden motivaatiota, opiskelutuloksia ja -asennetta sekä parantaneen opiskelijoiden näkemystä oppimiensa asioiden relevanssista heidän päivittäiseen elämäänsä. (Bower et al. 2014 s. 3.)

### **2.5.5. Viihde- ja kulttuuriala**

Lisättyä todellisuutta on käytetty myös kulttuurialan ja matkailun tukemisessa parantamaan matkailukohteiden vetovoimaa (Virtanen 2015). Lisätyn todellisuuden avulla voidaan esimerkiksi siirtyä toiseen aikakauteen ja visualisoida käyttäjälle miltä tietty historiallinen kohde näytti aikaisempina vuosikausina. Lisätyn todellisuuden avulla voidaan tarkastella turistikohteita ja tuoda käyttäjän näkymään informaatiota annotaatioilla tai kääntää vieraalla kielellä kirjoitettuja tekstejä käyttäjän ymmärtämälle kielelle (Martinez et al. 2014, s. 32).

Lisättyä todellisuutta on hyödynnetty viihdekäytössä urheilutapahtumien reaaliaikaiseen visuaaliseen tehostamiseen (Azuma et al. 2001, s. 42) Esimerkiksi jääkiekossa kiekon näkyvyyttä on parannettu kiekkoa korostavalla FoxTrax-järjestelmällä (Mekni & Lemieux 2014, s. 208). Amerikkalaisessa jalkapallossa taas joukkueen etenemiseen vaadittavien jaardien määrää ja paikkaa visualisoidaan reaaliajassa pelikentälle sijoitettavalla keltaisella rajaviivalla (Billinghurst et al. 2015, s. 96).

Navigointi on eräs merkittävimmistä lisätyn todellisuuden sovelluskohteista. Kokemukset lisätyn todellisuuden hyödyntämisessä navigoinnissa osoittavat selvästi, että navigointivirheiden määrät vähenivät ja normaaleihin näyttöihin ja laitteisiin

liittyvät käyttäjän huomion jakautumiseen liittyvät ongelmat vähenivät (van Krevelen & Poelman 2010, s. 11).

### **2.5.6. Markkinointi**

Yksi suurimmista potentiaalisista lisätyn todellisuuden hyödyntämiskohteista on tuotteiden markkinoinnissa ja sillä on mahdollisuus muuttaa markkinointikäytäntöjä perusteellisesti verkkokauppojen ja perinteisten kivijalkaliikkeiden konteksteissa (Martinez et al. 2014, s. 33). Lisätyn todellisuuden hyödyntäminen markkinoinnissa on ollut yksi tekijä, joka on kasvattanut tietoisuutta lisäystä todellisuudesta (Billinghurst et al. 2015, s. 98–99). Lisätyn todellisuuden avulla markkinointikokemuksista on mahdollista tehdä muistettavampia kuin muissa markkinoinnin muodoissa. Lisätyn todellisuuden avulla voidaan luoda kokemuksia, joita ei ole mahdollista toteuttaa muilla teknologioilla. (Billinghurst et al. 2015, s. 217.)

Lisättyä todellisuutta on hyödynnetty myös painetun median rikastamisessa lisäämällä lehtiin tunnistemerkkejä eli markkereita, joiden perusteella lisätyn todellisuuden sovellus näyttää tunnistemerkkiin liitettyä informaatiota (Siljamäki 2010). Lisättyä todellisuutta voidaan myös hyödyntää myynnissä ostopäätösten tukena esimerkiksi visualisoimalla erilaisia sisustuselementtejä käyttäjän haluamaan tilaan tai mahdollistamalla käyttäjille vaatteiden virtuaalisen sovittamisen ja vaihtoehtojen nopean vertailun (Martinez et al. 2014, s. 34; Rauschnabel et al. 2015, s. 10; Virtanen 2017).

## **2.6. Lisätyn todellisuuden käyttöönnoton mahdollisuudet kiinteistö- ja rakennusosalalla**

Lisätty todellisuus on osoittanut merkittävää potentiaalia huollon ja ylläpidon tehtävien nopeamassa ja turvallisemmassa suorittamisessa (Martinez et al. 2013, s.1). Lisätyn todellisuuden hyödyntämisen on näytetty tuovan etuja etenkin visualisoinnin, kommunikoinnin sekä yhteistyön edistämisen alueilla, mutta näitä ratkaisuja ei ole vielä otettu laajasti käyttöön kiinteistö- ja rakennusosalalla pieniasteisia pilotointiprojekteja lukuun ottamatta (Rankohi & Waugh 2013, s. 13). Ongelmana on myös ollut kiinteistöjen ylläpitoon lisätyn todellisuuden avulla keskittyneen tutkimuksen vähyys (Irizarry et al. 2013, s. 13). Informaation häviäminen kiinteistön rakennus- ja ylläpitovaiheiden välillä informaation suuren määrän ja erilaisten tiedostoformaattien sekä järjestelmien vuoksi on myös nähty ongelmana (Götze et al. 2014, s. 1). Lisätyn todellisuuden integroiminen kiinteistöalan elinkaariajattelun toimintoihin on vasta alkutekijöissä, mutta ratkaisujen tarjoama potentiaali on merkittävä (Wang et al. 2013, s. 10). Informaation tarpeenmukaisen saatavuuden automatisoinnilla käyttäjän käyttökontekstissa on merkittävä potentiaali rakentamisen ja kiinteistöhuollon tehtävien päätöksenteon tukemisessa (Bae et al. 2013, s. 1).

Tieteellisessä kirjallisuudessa lisätyn todellisuuden hyödyntämistä kiinteistö- ja rakennusalalla on ehdotettu sovellettavaksi rakennuksen koko elinkaaren vaiheiden tukemisessa, rakentamisessa käytettyjen laitteiden käytön opastamisessa, rakennusprojektin etenemisen seurannassa, rakennusalueen toimintojen visualisoinnissa ja dokumentoinnissa sekä rakennuksen tietomallien hyödyntämisessä virheiden paikantamiseen (Rankohi & Waugh 2013, s. 2). Lisätyn todellisuuden avulla käyttäjien ei tarvitse jatkuvasti vaihdella huomiotaan fyysisen tilan ja siihen liittyvän digitaalisen informaation välillä, kun nämä näkymät on yhdistetty yhteen näkymään käyttäjille (Irizarry et al. 2013, s. 13).

Rankohi & Waugh (2013, s. 8) jaottelevat lisätyn todellisuuden sovellusalueet kiinteistö- ja rakennusalalla seitsemään eri kategoriaan:

1. Visualisointi tai simulointi
2. Kommunikointi ja yhteistyö
3. Informaation mallintaminen
4. Informaation saatavuus tai arviointi
5. Työn edistymisen seuranta
6. Koulutus ja perehdytys
7. Turvallisuus ja tarkistukset

Lisättyä todellisuutta on käytetty suunniteltujen kiinteistöjen visualisoimiseen suunnitelluilla rakennuspaikoilla (Siljamäki 2010). Aiemmin arkkitehdit ovat käyttäneet kaksiulotteisia rakennussuunnitelmia, pienoismalleja ja kolmiulotteisia tietokoneella tarkasteltavia malleja rakennussuunnitelmien havainnollistamisessa, mutta näiden menetelmien ongelmana on ollut oikean käsityksen saavuttaminen rakennuksen todellisista mittasuhteista (Billinghurst et al. 2015, s. 212). Suunniteltua rakennusta voidaan lisätyn todellisuuden sovelluksessa visualisoida vaihtoehtoisilla rakennuspaikoilla ja kiinteistöä voidaan tutkia eri näkökulmista rakennuspäätösten teon tukena. Myös rakennuksen mittasuhteiden ymmärtäminen helpottuu tällä lähestymistavalla. Rakennusten visualisoinnilla todellisessa rakennusympäristössä voidaan myös vertailla eri versioita suunnitellusta rakennuksesta palautteen keräämiseksi eri suunnitteluvaihtoehtoista (Billinghurst et al. 2015, s. 212). Rakennuksen tietomallin avulla arkkitehti ja asiakkaat voisi myös nähdä ”röntgennäön” avulla rakennuksen sisälle ja tarkastella esimerkiksi seinien sisällä olevia putkia, sähköjohtoja ja tukirakenteita (Azuma 1997, s. 362).

Edellisen luvun lääketieteellisten esimerkkien mukaisesti samalla periaatteella kiinteistöjen rakenteisiin puuttumista voidaan vähentää lisätyn todellisuuden ratkaisulla, kun ongelmat voidaan paikantaa tarkemmin visuaalisesti hyödyntämällä rakennuksista kerättävää tietomalli-, sensori- ja anturidataa. Huoltohenkilöstö voi saada lisää informaatiota suoritettavan tehtävän tueksi reaaliaikaisesti tietojärjestelmistä tai

muilta työntekijöiltä etänä (Rauschnabel et al. 2015, s. 9). Huollon ja ylläpidon tehtäviä voidaan nopeuttaa lisäämällä käyttäjän näkymään reaaliaikaisia visualisointeja huolto-ohjeista ja turvallisuusohjeista (Martinez et al. 2013, s. 1). Todellisten objektien ja niihin liittyvän virtuaalisen sisällön yhdistäminen samaan näkymään helpottaa informaation ymmärtämistä (Götze et al. 2014, s. 2).

Edellisessä luvussa mainittuja lennokkeja (engl. drone) voidaan mahdollisesti hyödyntää tulevaisuudessa myös kiinteistö- ja rakennusosalalla. Lennokkien halventuessa ja niissä hyödynnettävien sensoreiden parantuessa niiden hyödyntäminen kiinteistöjen huollossa ja ylläpidossa on eräs mahdollinen lisätyn todellisuuden sovellusalue. Lennokkeja voitaisiin hyödyntää vaikeasti saavutettavissa olevien alueiden reaaliaikaiseen tarkasteluun (Irizarry et al. 2014, s. 121). Lennokkeihin yhdistettävien lisätyn todellisuuden ratkaisujen avulla voitaisiin esimerkiksi tarkastaa kiinteistöjen katolla olevien lumikerrosten paksuus siivoustarpeen arvioimiseksi.

Lisättyä todellisuutta voitaisiin hyödyntää myös suunniteltujen ja toteutuneiden rakennusten vertailemisessa ja täten muutos- ja korjaustarpeiden löytämisessä (Rankohi & Waugh 2013, s. 14). Lisätyn todellisuuden hyödyntämisessä rakentamisessa yhtenä mahdollisuutena on monitoroida ja aikatauluttaa yksilöllisten tehtävien etenemistä rakennusalueesta tehtävän yleisnäkymän avulla monimutkaisten rakennusprojektien aikana (van Krevelen & Poelman 2010, s. 12).

Lisätyn todellisuuden hyödyntämisen kiinteistö- ja rakennusosalalla ennustetaan kehittyvän kohti internet-pohjaisia ja yhteistyötä edistäviä mobiileja lisätyn todellisuuden järjestelmiä, joita käytetään rakennusprojektin rakennus-, hankinta- ja ylläpitovaiheessa (Rankohi & Waugh 2013, s. 14). Lisätty todellisuus mahdollistaa huollossa ja ylläpidossa asiantuntijoiden etäneuvonnan ja -valvonnan, joka vähentää mahdollisia virheitä ja tekee prosesseista tehokkaampia ja turvallisempia (Martinez et al. 2014, s. 30). Kiinteistönhuolto voi saada merkittäviä hyötyjä mobiililaitteiden tehokkaasta hyödyntämisestä informaation saatavuuden mahdollistajana (Irizarry et al. 2014, s. 121).

Kiinteistö- ja rakennusalan konteksti rajoittaa myös lisätyn todellisuuden käyttämiä rekisteröinti- ja seurantamenetelmiä. Merkkipohjainen tunnistus vaatii suoran näköyhteyden laitteen ja merkin välille ja eikä siten ole sopiva esimerkiksi kiinteistöjen piilossa olevien rakenteiden tarkasteluun (Irizarry et al. 2013, s. 14). Sovelluksen käyttämien vertailumerkkien sijoittaminen kiinteistöihin ja niiden jatkuva ylläpito vaatii myös paljon työtä. Irizarry et al. (2013) näkevät mallipohjaisen tunnistuksen olevan sopivin kiinteistö- ja rakennusalan kontekstissa.

## 2.7. Lisätyn todellisuuden rajoitukset ja käyttöönoton haasteet

Azuma et al. (2001, s. 43–44) jakavat lisätyn todellisuuden hyödyntämisessä kohdatut rajoitteet kolmeen eri kategoriaan:

1. Teknologisiin rajoitteisiin
2. Käyttöliittymän rajoitteisiin
3. Sosiaalisen hyväksynnän rajoitteisiin

Lisätyn todellisuuden ratkaisut ovat vielä suhteellisen uutta teknologiaa eikä alalle ole muodostunut laajalle levinneitä standardeja eri ratkaisujen välille (Chu et al. 2018, s. 306). Lisätyssä todellisuudessa käytettävien protokollien ja formaattien standardien puutetta pidetäänkin merkittävänä ratkaisujen käyttöönottoa rajoittavan pullonkaulana ja olennaisena tulevaisuuden kehityskohteena (Wang et al. 2013, s. 9; Martinez et al. 2014, s. 37). Myös kehitysalustojen määrä on varsin huomattava. Useiden kehitysalustojen ja ratkaisutoimittajien vuoksi asiakkaat ovat siis ratkaisujen pohjalta sidottuina tiettyjen laitevalmistajien tuotteisiin. Eri laitevalmistajien ja lisätyn todellisuuden sovellusten yhteensopivuudesta ja tiedonjakamisen toimivuudesta ei siis ole varmuutta.

Teknologisesta näkökulmasta lisätyssä todellisuudessa hyödynnettävien teknologioiden, kuten näyttöjen sekä objektien seurannan ja asemoinnin, tulee kehittyä tarkemmiksi, kevyemmiksi, halvemmiksi ja vähemmän virtaa kuluttaviksi. Azuma et al. (2001) pitävät erityisesti ennalta valmistelemattomissa tiloissa tehtävää objektien tunnistusta ja seurantaa huomattavana haasteena. Monet lisätyssä todellisuudessa käytettävistä tekniikoista ovat vielä liian epätarkkoja virtuaalisen sisällön uskottavaan yhdistämiseen todellisen ympäristön kanssa (Martinez et al. 2014, s. 37). Todellisten ja virtuaalisten objektien tulee olla tarkasti kohdistettuna toisiinsa nähden, jotta todellisen ja virtuaalisen maailman sulauttaminen toisiinsa on mahdollista. Tämä rekisteröintiongelman on ollut yksi lisätyn todellisuuden suurimpia haasteita, sillä objektien tarkka rekisteröinti on olennaista sovellusten onnistuneen käytön sekä niiden turvallisen käytön varmistamisen näkökulmasta (Azuma 1997, s. 373; Mekni & Lemieux 2014, s. 210).

Lisätyn todellisuuden laitteiden alhainen resoluutio videotallennuksessa ja rajoittunut näyttöresoluutio on myös asettanut rajoitteita lisätyn todellisuuden käyttöönotossa eri toimialoilla (Schnabel et al. 2007, s. 5; Siljamäki 2010). Resoluutiotarkkuus näytöissä ja videotallennuksessa kasvaa kuitenkin jatkuvasti ja monissa mobiililaitteissa on jo riittävän suuri tarkkuus monille lisätyn todellisuuden sovelluksille. Laitteiden rajallinen laskentateho aiheuttaa myös vielä esteitä lisätyn todellisuuden ratkaisujen sulavalle toiminnalle (Martinez et al. 2014, s. 37).

Lisätyn todellisuuden laitteiden verkkoratkaisujen toimivuudessa saattaa myös olla ongelmia erityisesti suljetuissa tiloissa. Esimerkiksi tehdasrakennuksen eri metallirakenteet saattavat vaikeuttaa signaalien läpipääsyä ja tämä voi johtaa vaaratilanteisiin, jos lisätyn todellisuuden sovellusta hyödynnetään esimerkiksi parantamaan työturvallisuutta. Sisätiloissa kiinteistön metallirakenteista huolimatta toimivaa paikannusteknologiaa on kuitenkin jo kehitetty (Leino 2012). Lisätyn todellisuuden käyttö on kuitenkin tähän asti ollut pitkälti rajoitettuna ulkotiloihin, joissa esimerkiksi GPS ja Wi-Fi –teknologiat ovat helposti hyödynnettävissä ja ne tarjoavat suhteellisen korkeaa tarkkuutta sovelluksille (Irizarry et al. 2013, s. 11; Woodward et al. 2014, s. 307).

Uutena teknologiana lisätyn todellisuuden ratkaisujen hinnat voivat myös olla melko korkeita ja siten rajoittavat laitteiden käyttäjäkuntaa vain suuremmille yrityksille (Rankohi & Waugh 2013, s. 14). Kalliiden laitteiden lisäksi yrityksen tarvitsee rakentaa lisätyn todellisuuden järjestelmien vaatimat serverit, tietoverkot ja sovellukset tai ostaa ne palveluna. Lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöasteen kasvaessa mittakaavaedut tulevat kuitenkin alentamaan kustannuksia.

Yrityksissä ja organisaatioissa liikkuu jatkuvasti valtaisa määrä dataa. Ongelmana on oikeiden rajapintojen, järjestelmien integroimisen ja tiedon jaettavuuden mahdollistaminen. Hyödynnettäessä lisättyä todellisuutta on sovelluksille varmistettava helppo pääsy informaatiota sisältäviin tietokantoihin (Chi et al. 2013, s. 117). Oikeassa muodossa oleva ja helposti jaettava tieto mahdollistaa monenlaisia lisätyn todellisuuden sovelluksia. Yrityksissä olevan informaation digitalisointi on kuitenkin usein aivan eri tasolla yrityksestä ja sen toimialasta riippuen. Kiinteistö- ja rakennusalaalla digitalisaatio on vielä varsin alkuvaiheilla (Kanerva & Haapasalo 2005). Yrityksen digitalisaation aste vaikuttaa merkittävästi siihen, millaisia lisätyn todellisuuden sovelluksia yritys voi hyödyntää.

Käyttäjälle esitettävän datan esitystavoista ja siitä, miten käyttäjä voi olla vuorovaikutuksessa datan kanssa tulee ymmärtää paremmin (Azuma et al. 2001, s. 43). Matalan tason ongelmia, kuten syvyysnäön ja latenssin vaikutusta tehtävien suorittamiseen on tutkittu lisätyn todellisuuden kontekstissa, mutta korkeamman tason ongelmia ei ole tutkittu yhtä paljon. Näitä ovat esimerkiksi käyttäjälle olennaisen informaation tunnistaminen, eri informaatiolle sopivat esitysmuodot sekä käyttäjän sovelluksessa tekemät kyselyt ja raportit (Azuma et al. 2001, s. 43). Näihin haasteisiin on tärkeää löytää toimivia ratkaisuja, sillä informaation liiallisen määrän on nähty muodostuvan lisätyn todellisuuden ratkaisujen käytön esteeksi (Martinez et al. 2014, s. 37).

Lisätyn todellisuuden avulla käyttäjät pystyvät käsittelemään todellista ympäristöä ja siihen liittyvää digitaalista tietoa samanaikaisesti, joka vähentää ajattelulle aiheutuvaa

kuormitusta (Porter & Heppelmann 2017). Lisätyn todellisuuden sovellusten olisi hyvä tarjota käyttäjille mahdollisuus sisältöjen suodattamiseen, jotta käyttäjä näkee vain hänelle olennaisen sisällön. Käyttäjän kuormittaminen liiallisella informaatiolla on merkittävä haaste ja sen ratkaiseminen on kriittistä sovellusten onnistuneen käytön kannalta (van Krevelen & Poelman 2010, s. 11–12). Käyttäjien mielenkiinnon kohteisiin ja osaamiseen mukautuvien henkilökohtaisten käyttöliittymien etuja on painotettu kirjallisuudessa (Azuma et al. 2001, s. 42).

Azuma et al. (2001, s. 43) mukaan lisätyn todellisuuden ratkaisujen sosiaalisen hyväksynnän ja niiden päivittäisen käytön tuominen älypuhelisten tasolle on viimeinen ratkaistava haaste, kunhan teknologiaan ja käyttöliittymiin liittyvät ongelmat on ratkaistu ensin. Sosiaalisen hyväksynnän haasteet vaihtelevat käyttäjien muutokäsityksistä huoliin yksityisyydestä (Carmigniani et al. 2011). Kädessä pidettäviä näyttöjä pidetään sosiaalisesti hyväksyttävämpinä verrattuna päässä pidettäviin näyttöihin, kun vertaillaan lisättyä todellisuutta hyödyntäviä laitteita (Billinghurst et al. 2015, s. 141). HMD-laitteet ovat vielä verrattain uusia eikä niiden käyttöä ole vielä hyväksytty osaksi sosiaalista kanssakäymistä (Martinez et al. 2014, s. 37). Lisätyn todellisuuden ratkaisujen hyödyllisyydestä käyttäjien näkökulmasta on kuitenkin olemassa kannustavia tuloksia (Woodward et al. 2014, s. 313), joka on yksi ajava tekijä lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönnotossa.

Lisätyn todellisuuden sovelluksia suunniteltaessa tuleekin huomioida se, miten käyttäjät oikeasti käyttävät sovelluksen vaatimaa laitetta. Esimerkiksi älypuhelistä käytettäessä käyttäjä ei todennäköisesti jaksa tai halua pitää älypuhelistä vaakatasossa suoraan kasvojen edessä (Billinghurst et al. 2015, s. 232). Sovellus tulee suunnitella käyttäjille luonnollisten ja mukavien käyttötapojen asettamien rajoitteiden mukaisesti.

Samoin kuin muissakin tietoteknisissä sovelluksissa, tietoturvallisuuteen liittyvät uhat ovat läsnä myös lisätyssä todellisuudessa (Ojanperä 2012). Esimerkiksi markkinoinnissa käytettyjä QR-koodeja on käytetty ohjaamaan käyttäjiä haittasivustoille. Lisätyssä todellisuudessa hyödynnettäviä vertailumerkkejä koskevat samankaltaiset uhat. Sovellusten tietoturva tulee siis huomioida myös lisätyn todellisuuden alueella. Lisätyn todellisuuden laitteet keräävät käyttäjistä myös paljon tietoa, joka asettaa haasteita käyttäjien tietoturvalle (Luotola 2015).

Sovelluksien käyttäjien käyttöturvallisuus tulee ottaa huomioon sovelluksen suunnittelussa (Billinghurst et al. 2015, s. 132). Lisätyn todellisuuden arvo tulee sen spesifeihin sijainteihin liittyvästä sisällöstä, jolloin käyttäjien tulee luonnollisesti liikkua paikasta toiseen käyttötilanteen mukaisesti. Käyttäjän liikkumisen aiheuttamat riskit rajoittavat lisätyn todellisuuden sovelluksen ominaisuuksia. Käyttäjän tulee pystyä navigoimaan oikeassa maailmassa samalla kun hän tarkkaillee maailmaa älypuhelisten tai päässä pidettävän näytön kautta. Sovellukseen sijoitettavat virtuaaliobjektit eivät siis

saa esimerkiksi pelästyttää käyttäjää tai peittää taakseen olennaista tietoa käyttäjän liikkumisen kannalta. Käyttäjien visuaalisen fokuksen rajoittuminen vain yhteen kohteeseen sekä tästä johtuva huomiokyvyn heikkeneminen muun ympäristön suhteen on myös haasteena turvallisuuskulmasta (Luotola 2015). Vaarallisissa olosuhteissa käyttäjän tilannetajun heikkeneminen käyttäjän näkymään lisätyn digitaalisen informaation vuoksi tulee ottaa huomioon sovelluksia suunnitellessa (Wang 2009, s. 323).

## 2.8. Vuorovaikutteisuus lisätyssä todellisuudessa

Lisätyn todellisuuden kehityksen alkuvaiheessa ratkaisut keskittyivät pääasiassa yksin käytettäviin sovelluksiin, mutta sittemmin alan kehitys on keskittynyt kasvokkain ja etänä tapahtuvan vuorovaikutuksen parantamiseen (Billinghurst & Kato 2002, s. 66; Wang et al. 2013, s. 10). Kommunikoinnin ja yhteistyön tukeminen on yksi lisätyn todellisuuden kasvavista käyttökohteista (Wang 2009, s. 317) ja eräissä tutkimuksissa käyttäjien on todettu suosivan lisättyä todellisuutta virtuaalitodellisuuden sijaan yhteistyön mahdollistajana (Billinghurst et al. 2001, s. 5).

	Asynkroninen	Synkroninen
<b>Yksi-yksi</b>	<b>Sähköposti, tekstiviesti</b>	<b>Ääni, pikaviestin</b>
<b>Yksi-usea</b>	<b>Kirja, sanomalehti, ääni- tai videotallenne, Web 1.0 - verkkosivusto</b>	<b>Radio ja televisio</b>
<b>Usea-usea</b>	<b>Web 2.0: wiki, blogi, sosiaalinen media</b>	<b>online -keskusteluhuone</b>

**Kuva 9.** Kommunikaation ja vuorovaikutuksen kategorisoiminen henkilöiden määrän ja ajan suhteen (mukailtu Jensen 2010, s. 71).

Kommunikaatiota ja vuorovaikutusta voidaan tarkastella sen suhteen, kuinka monen henkilön välillä vuorovaikutustilanne tapahtuu ja tapahtuuko vuorovaikutus samanaikaisesti vai eri aikaisesti (Jensen 2010, s. 71). Tätä jakoa on havainnollistettu kuvassa 9. Mallia voidaan soveltaa henkilöiden välisen suoran kommunikoinnin tarkastelemiseen sekä vuorovaikutukseen henkilöiden tarkasteleman sisällön suhteen. Lisätyssä todellisuudessa sisältö on kuitenkin useimmiten vuorovaikutuksen keskiössä,



sillä lisätyn todellisuuden hyöty tulee digitaalisen sisällön upottamisesta käyttäjän todelliseen näkymään sekä vuorovaikutuksen tehostamisesta ja nopeuttamisesta, kun käyttäjien ei tarvitse toistuvasti siirtää huomiotaan eri laitteiden ja dokumenttien välillä (Irizarry et al. 2014, s. 126).

Vuorovaikutteisuutta voidaan lisätyn todellisuuden kontekstissa tarkastella käyttäjän ja teknologian välisenä toimintona tai useiden eri käyttäjien välisenä yhteistyönä. Erilaiset vuorovaikutuksen tasot voidaan edelleen jakaa sen perusteella, tapahtuuko vuorovaikutus ajallisesti samaan vai eri aikaan (synkroninen ja asynkroninen) ja ovatko vuorovaikutuksessa olevat toimijat fyysisesti samassa vai eri paikassa keskenään. Näistä tasoista voidaan muodostaa vuorovaikutuksen nelikenttä ajan ja paikan suhteen (Ellis et al. 1991, s. 41), jota on havainnollistettu kuvassa 10.



**Kuva 10.** Vuorovaikutuksen nelikenttä ajan ja paikan suhteen (mukailtu Ellis et al. 1991, s. 41)

Lisättyä todellisuutta ei voida sijoittaa vain yhteen vuorovaikutuksen osa-alueeseen vaan sitä voidaan soveltaa nelikentän jokaisessa eri osa-alueessa. Lisätyssä todellisuudessa kasvokkain tapahtuva vuorovaikutus voi olla esimerkiksi suunnitellun rakennuksen tietomallin kolmiulotteista visualisointia ja siihen tehtävistä muutoksista keskustelua (Wang 2009, s. 317–318). Etänä tapahtuvaa synkronista vuorovaikutusta on esimerkiksi toisen käyttäjän tehtävien avustaminen ja ohjeiden piirtäminen toisen käyttäjän näkymään lisätyn todellisuuden sovelluksen kautta (Lukosch et al. 2015, s. 520). Nämä ohjeistukset rekisteröidään ja kiinnitetään kolmiulotteiseen tilaan.

Haasteena on etänä työtä ohjaavan henkilön riski asioiden huomaamatta jättämisestä, koska hän ei ole itse paikan päällä ja tarkkailee tilaa vain toisen käyttäjän valitseman näkymän kautta (Gauglitz et al. 2014, s. 198; Lukosch et al. 2015, s. 519). Samassa paikassa tapahtuvassa asynkronisessa vuorovaikutuksessa käyttäjä voi esimerkiksi jättää tiettyyn paikkaan ohjeistuksen jonkin tehtävän suorittamiseksi, jonka toinen käyttäjä löytää tilasta lisätyn todellisuuden sovelluksen avulla katsottavaksi. Etänä tapahtuvassa asynkronisessa vuorovaikutuksessa taas huoltomiehelle voidaan esimerkiksi jättää rakennuksen tietomalliin liitettyyn huoltokirjaan vaatimukset tehtävistä huoltotoimenpiteistä tiettyyn kohteeseen, jotka huoltomies avaa ja lukee paikan päällä lisätyn todellisuuden sovelluksella.

Samassa tilassa tapahtuvan vuorovaikutuksen tehostaminen on kuitenkin yksi lisätyn todellisuuden lupaavimmista käyttökohteista. Siirtymällä pois työtehtävien esittämisestä kaksiulotteisilla näytöillä oikeaan ympäristöön, johon on upotettu työtehtävien kannalta olennaista digitaalista informaatiota, on mahdollista hyödyntää todellista ympäristöä erityisesti suunnittelutehtävissä (Billinghurst & Kato 2002, s. 66). Aitojen objektien hyödyntäminen lisätyn todellisuuden avulla tukee yhteistyötä ja jaetun ymmärryksen saavuttamista, sillä niiden ulkonäkö ja mittasuhteet ovat selvästi nähtävissä ja ne toimivat paremmin kommunikaation viitekehyksenä täysin digitaalisen esityksen sijaan (Billinghurst & Kato 2002, s. 66). Esimerkiksi visualisoimalla arkkitehtuurisia suunnitelmia suunnittelussa rakennusympäristössä pysytään paremmin selvittämään rakennuksen vaikutus sen ympäristöön.

Tiedonjakamisen ja -hyödyntämisen helpottaminen ja tiedon kontekstipohjainen paikantaminen ovat myös merkittäviä lisätyn todellisuuden potentiaalın lähteitä (Wang et al. 2013, s. 9). Lisätyn todellisuuden sovelluksilla käyttäjät voivat päivittää ja synkronoida tietoja mistä tahansa sijainnista ja näitä tietoja voidaan tarkastella yhteisesti riippumatta käyttäjien eri sijainneista (Chi et al. 2013, s. 119). Lisätyn todellisuuden sovellusten visuaalisuus auttaa erityisesti etänä tapahtuvan vuorovaikutuksen tehostamisessa, sillä pelkkään ääneen pohjautuvassa kommunikaatiossa käyttäjien luonnolliset eleet eivät ole käytettävissä kommunikaation sujuvuuden varmistamisessa (Billinghurst & Kato 2002, s. 67).

Lisättyä todellisuutta voidaan pitää intuitiivisena teknologiana, jonka onnistuneen käytön opetteluun kuluva aika on matala (Martinez et al. 2013, s. 7). Lisätyn todellisuuden käyttöliittymiä pidetään intuitiivisina ja yhteistyötä edistävinä, sillä käyttäjien ei tarvitse opetella monimutkaisten ohjelmistojen käyttöä vaan kommunikaatio tapahtuu pitkälti tavallisten sosiaalisen kommunikoinnin keinoin. Käyttäjät näkevät useimmiten jatkuvasti toisensa virtuaalisen sisällön lisäksi eikä käyttäjien tarvitse vaihdella eri käyttöliittymien välillä kommunikointiin ja työtehtäviin keskittyneiden sovellusten suhteen. (Billinghurst & Kato 2002, s. 67–68.)

Käyttäjän vuorovaikutus itse sovelluksen kanssa on lisätyn todellisuuden alueella nojautunut vahvasti työpöytäkäytössä olevien käyttöliittymämetaforien hyödyntämiseen. Käyttöliittymäsuunnittelussa on käytetty esimerkiksi valikoita ja näppäimistöjä, mutta myös virtuaaliympäristöissä käytettyä eleohjausta on sovellettu lisätyssä todellisuudessa. (Azuma et al. 2001, s. 37.) Nykyiset älypuhelimet sisältävät paljon erilaisia vaihtoehtoja käyttöliittymän toteutukselle ja niitä voidaan hyödyntää tapauskohtaisesti lisätyn todellisuuden vuorovaikutuksen suunnittelussa mahdollisimman intuitiivisen käyttökokemuksen ja vuorovaikutuksen luomiseksi.

Azuma et al. (2001, s. 37) mukaan puhtaasti virtuaalista informaatiota on haasteellista käyttää vuorovaikutteisesti. Lisätyn todellisuuden vuorovaikutuksen ja käytön tutkimus on heidän mukaansa jakautunut kahteen eri lähestymistapaan:

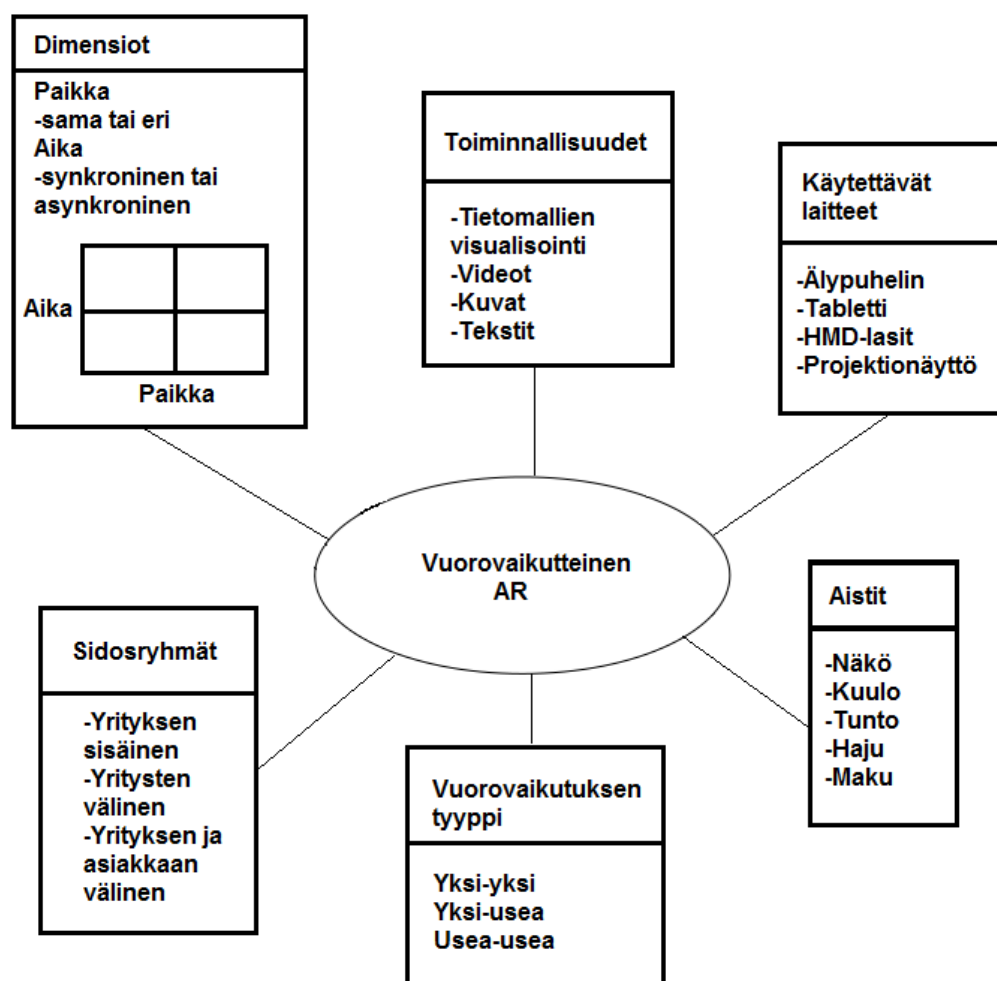
1. Useiden erilaisten näyttötekniologioiden hyödyntämiseen niiden eri vahvuusosa-alueiden vuoksi
2. Vuorovaikutukseen fyysisen maailman kanssa erilaisten käsin kosketeltavien käyttöliittymien (engl. Tangible User Interface) kautta

Eri laitteet soveltuvat paremmin eri tilanteisiin ja vuorovaikutustekniikoihin, jolloin usean laitteen hyödyntäminen on perusteltua (Azuma et al. 2001, s. 37). Tekstinmuokkaus onnistuu esimerkiksi helposti tabletin näppäimistöllä, kun taas visualisoidun kolmiulotteisen mallin manipuloimiseen on hyvä hyödyntää eleohjausta kosketusnäytön kautta tai jopa haptista palautetta antavia hansikkaita. Lisätyn todellisuuden tarkasteleminen kädessä pidettävien näyttöjen kautta HMD-laitteen sijaan taas mahdollistaa esimerkiksi toisen käyttäjän kasvon eleiden esteettömän tarkkailemisen (Billinghurst & Kato 2002, s. 69).

Usean eri käyttäjän yhtäaikaudessa lisätyn todellisuuden hyödyntämisessä haasteena on käyttäjien jaetun ymmärtämisen varmistamisessa sovelluksen virtuaalisen sisällön suhteen (Azuma et al. 2001, s. 40; Wang 2009, s. 318). Käyttäjät ymmärtävät kyllä todellisen fyysisen tilan samalla tavalla ja pystyvät ymmärtämään mihin fyysisiin objekteihin toiset käyttäjät viittaavat ja miten he näkevät nämä objektit, mutta saman tilanteen varmistaminen virtuaalisen sisällön suhteen on haasteellisempaa. Kappaleessa 2.3 kuvatuilla rekisteröinti- ja asemointitekniikoilla on kriittinen rooli tämän haasteen ratkaisemisessa ja onnistuneen vuorovaikutustilanteen saavuttamisessa.

## **2.9. Teorian yhteenveto vuorovaikutteisuuden näkökulmasta**

Lisätyn todellisuuden vuorovaikutteisuuden tarkastelussa tulee huomioida useita eri osaluokkia. Kuvassa 11 on tuotu yhteen erilaisia tutkimuksen teoriaosiossa tarkasteltuja lisätyn todellisuuden vuorovaikutteisuuden vaikuttavia tekijöistä.



**Kuva 11.** Yhteenveto lisätyn todellisuuden vuorovaikutteisuuteen liittyvistä tekijöistä.

Azuma et al. (2001) mukaan lisätyssä todellisuudessa voidaan hyödyntää ihmisen kaikkia aisteja eli näkö-, kuulo-, tunto-, maku- ja hajuaistia. Näkö- ja kuuloaistien hyödyntäminen nousevat kuitenkin selvästi tärkeimmiksi aisteiksi lisätyn todellisuuden hyödyntämisessä, sillä varsinkin haju- ja makuaistien hyödyntämiseen liittyvät teknologiat ovat vielä varsin alhaisella kehityksen asteella. Tuntoaistia voidaan hyödyntää lisätyssä todellisuudessa, mutta se vaatii useimmiten erityislaitteistoa. Myös tieteellisessä kirjallisuudessa esitellyt käyttötapaukset keskittyivät vain näkö- ja kuuloaistin hyödyntämiseen vuorovaikutteisuuden keinoina. Lisättyä todellisuutta käytetään myös selvästi useimmiten älypuhelimilla, tableteilla ja HMD-laseilla, jotka tukevat tehokkaimmin näkö- ja kuuloaistin hyödyntämistä. Tämä käy myös ilmi lisätyn todellisuuden vuorovaikutuksessa hyödynnettävistä toiminnallisuuksista. Käyttäjät voivat esimerkiksi visualisoida erilaisia tietomalleja niiden oikeassa kontekstissa, hyödyntää etävideoyhteyttä, tai lisätä videoita, kuvia ja tekstiä käyttäjän oikeaan näkymään.

Lisättyä todellisuutta hyödyntävillä laitteilla on myös vaikutusta vuorovaikutuksen onnistumiseen. Usean henkilön tarkastellessa lisätty todellisuutta HMD-laitteilla ei esimerkiksi voida olla täysin varmoja siitä, että jokainen käyttäjä näkee todelliseen näkymään lisätyn digitaalisen informaation täysin samalla tavalla (Azuma et al. 2001, s. 42). Toisaalta usean henkilön tarkastellessa lisättyä todellisuutta yhden älypuhelimien näytön kautta tai samassa tilassa projektionäytön avulla, voidaan olla melko varmoja siitä, että kaikki käyttäjät näkevät sisällön samalla tavalla.

Ellis et al. (1991) kuvailemien vuorovaikutuksen dimensioiden näkökulmasta lisättyä todellisuutta voidaan hyödyntää nelikentän jokaisella osa-alueella. Suurin osa sovelluksista on kuitenkin keskittynyt synkronisen samassa tai eri tilassa tapahtuvan vuorovaikutuksen mahdollistamiseen. Lisätyllä todellisuudella on kuitenkin merkittävä potentiaali asynkronisen vuorovaikutuksen mahdollistamisessa ja tehostamisessa, kunhan sovelluksella on käytössään jonkinlainen käyttäjän ympäristöön yhdistettävä tietomalli tai muu paikannusratkaisu, jonka kautta käyttäjän oikeassa kontekstissa pystytään tarkastelemaan ja muokkaamaan tietoa. Muut käyttäjät voivat tarkastella tätä informaatiota myöhemmin joko suoraan käyttökontekstissa tai etänä. Tällä osa-alueella erityisesti käyttöohjeiden ja koulutuksen tehostaminen korostuvat.

Sidosryhmien suhteen vuorovaikutusta voi tapahtua yritysten sisällä, yritysten välillä tai yritysten ja asiakkaiden välillä. Luvun 2.5 esimerkeistä käy selvästi ilmi, että tähän asti suurin osa vuorovaikutuksesta on tapahtunut yritysten sisäisesti, koska lisätty todellisuus ei ole vielä yleistynyt riittävästi asiakkaiden käytössä. Yritysten välisessä vuorovaikutuksessa ongelmana on ollut yhteisten toimintatapojen ja yhteentoimivien tietojärjestelmien puute (Kanerva & Haapasalo 2005).

Lisätyn todellisuuden käyttöönotolla voidaan vaikuttaa vuorovaikutuksen nopeuteen ja laatuun aiempiin toimintatapoihin nähden hyödyntämällä useita eri aisteja, joka vähentää virheitä ja nopeuttaa tiedonjakoa käyttäjien välillä. Digitaalisen informaation tarkastelu todellisessa näkymässä vähentää käyttäjien tarvetta siirtää huomiotaan eri järjestelmien välillä, joka tehostaa käyttäjien välistä vuorovaikutusta (Azuma et al. 2001, s. 40; Wang 2009, s. 318).

### **3. KIINTEISTÖ- JA RAKENNUSLAN TOIMINTAYMPÄRISTÖ**

Kanerva & Haapasalo (2005) mukaan kiinteistöalan merkittävimpiä viimeaikaisia muutoksia ovat olleet kiinteistöjen omistuksen ja ylläpidon eriytyminen sekä kiinteistöjen ylläpidon siirtyminen huoltoliikkeille. Toimialan rakenne on pirstoutunut monille eri toimijoille projektimaisen toiminnan ja nopeasti vaihtuvan toimittajaverkon vuoksi. Työntekijöiden suuri liikkuvuus ja vastuuden hajautus luovat haasteita yhteisten toimintatapojen muodostamiselle (Kuula et al. 2012, s. 203). Tämä toiminnan pirstoutuminen eri toimijoille vaatisi entistä tehokkaampaa tieto- ja viestintätekniikan hyödyntämistä, mutta uusien ratkaisujen käyttöönotto on ollut hidasta työntekijöiden vastahankaisuuden ja ajanpuutteen vuoksi.

Potentiaalia erilaisten mobiiliteknologioiden ja tieto- ja viestintätekniikan hyödyntämiseen on alalla huimasti erityisesti tuottavuuden parantamisessa. Toisaalta kiinteistöalan palveluliiketoiminnan entistä suurempi panostaminen asiakaskeksyyteen mahdollistaa myös uudenlaisten palveluiden tuottamisen tietoteknisten ratkaisujen avulla. Tämä on merkittävä muutos toimialalla, sillä aiemmin kilpailustrategiana on useimmiten toiminut kustannusjohtajuus asiakastarpeiden perusteellisen kartoituksen ja asiakkaille räätälöityjen palveluiden sijaan. Kustannushyötyjä ja parempia palveluita on pyritty saavuttamaan yhteiset rajapinnat omaavilla yhteiskäyttöisillä järjestelmillä, jotka integroituvat suuremmiksi kokonaisuuksiksi. (Kanerva & Haapasalo 2005.) Lisätyllä todellisuudella on selvät sovelluskohteet tällaisen toiminnan mahdollistamisessa ja jo olemassa olevan digitalisaation hyödyntämisessä.

Kanervan & Haapasalon (2005) tutkimuksessa ilmi tulleita tarpeita kiinteistöalalla ovat erityisesti kunnossa- ja ylläpidon tarvitseman ja tuottaman tiedon reaaliaikaisuus, huoltokohteiden paikantaminen ja tunnistaminen, huoltokirjojen muuttaminen mobiililaitteilla hyödynnettäväksi, paljon liikkuvien työntekijöiden välinen kommunikaatio, kiinteistötiedon parempi hallinta sekä toiminnanohjaus. Chi et al. (2013, s. 116) mukaan lisätyn todellisuuden teknologiat ovat osoittaneet potentiaalia tämänkaltaisten ongelmien ratkaisemisessa, joten näiden teknologioiden käyttöönotto on ollut myös tärkeä tieteellinen tutkimuskohde. Tiedon puuttuminen kentällä toimivilta henkilöiltä, suunniteltujen ratkaisujen ja lopputulosten välisten erojen vertailu ja eri sidosryhmien välinen heikko kommunikaatio on tunnistettu merkittäviksi ongelmiksi kiinteistö- ja rakennusosalalla. (Chi et al. 2013, s. 116.)

Kanerva & Haapasalon (2005) mukaan kiinteistö- ja rakennusalan tietoteknisen kehittämisen suuremmat tavoitteet tulee asettaa pidemmälle aikajänteelle, mutta tärkeää olisi myös alkaa nopeasti kokeilemaan erilaisia uusia tietoteknisiä ratkaisuja jo lyhyemmällä aikavälillä. Kiinteistö- ja rakennusalaa pidetään konservatiivisena (Kanerva & Haapasalo 2005, s. 7) ja työntekijöiden muutosvastarinnan vuoksi pienempimuotoisilla teknologisilla kokeiluilla voidaan mahdollisesti parantaa myöhemmin käyttöönotettavien laajempien järjestelmien onnistumista.

Kiinteistön elinkaaren pisin osuus koostuu kiinteistön käytöstä ja ylläpidosta, jotka muodostavat yli 85 prosenttia kiinteistön koko elinkaaren kustannuksista. Kiinteistön huoltoon osallistuvat henkilöt joutuvat hakemaan, järjestelemään ja valikoimaan tehtäviinsä liittyvää informaatiota useista hajallaan olevista lähteistä. Kiinteistöhuollossa itse tiloissa käytettävästä ajasta yli puolet kuluu tarkastuskohteiden paikantamiseen ja niiden luokse navigoimiseen. (Koch et al. 2014, s. 10.) Kiinteistöjen ja toimitilojen sisätilakontekstien asettamien rajoitusten vuoksi lisätyltä todellisuudelta vaaditaan ratkaisuja, jotka eivät nojaudu GPS tai Wi-Fi -tekniikkaan (Kuula et al. 2012, s. 203; Irizarry et al. 2013, s. 11).

Kiinteistöjen vaihtelevien käyttötarkoitusten vuoksi erilaisia lisätyn todellisuuden sovelluskohteita on huomattava määrä. Tavallisiin asuntokohteisiin ja toisaalta esimerkiksi kauppakeskuksiin tarjottavat ratkaisut ja palvelut vaihtelevat toisistaan huomattavasti. Kanerva & Haapasalon (2005) mukaan eri rakennustyyppisiin liittyen kannattaa suorittaa fokuksitoja käyttäjätutkimuksia tarpeiden ja vaatimusten määrittämiseksi.

### **3.1. Kiinteistöt datan ja informaation lähteinä**

Kiinteistö- ja rakennusalalla on aiemmin nojattu pääasiassa perinteisiin analogisiin menetelmiin kiinteistöihin liittyvän informaation tallentamisessa. Erilaiset piirustukset ja kaaviot ovat edelleen yleisesti käytössä työtehtävien tukemisessa. Kehitys on kuitenkin edennyt kohti digitaalisuutta myös kiinteistö- ja rakennusalalla. Varsinkin uusissa rakennuksissa on käytössä yhä useammin erilaisia sensoreita ja antureita, joista on mahdollista saada informaatiota verkkoyhteyden välityksellä. Erilaisten sensorien, antureiden, IoT-laitteiden sekä digitaalisen tietomallintamisen lisääntyminen ovat lisänneet datan ja informaation määrää merkittävästi myös kiinteistö- ja rakennusalalla (Lee & Lee 2015; Chu et al. 2018). Sensoriverkoista saatavaa tietoa voidaan visualisoida mobiilien lisätyn todellisuuden sovelluksien avulla esimerkiksi kiinteistön kosteusarvioinnissa (Rauhala et al. 2006). Yhtenä merkittävimmistä muutoksen lähteistä rakennusalalla on kuitenkin rakennusten tietomallintaminen (engl. Building Information Modeling, BIM) (Chu et al. 2018).

### 3.1.1. Rakennusten tietomallintaminen

Rakennusten tietomallintamisella tarkoitetaan prosessia, jossa rakennusten kolmiulotteisia malleja käytetään kuvaamaan rakennuksen ja siihen liittyvien eri objektien ominaisuuksia ja riippuvuussuhteita. Rakennusten tietomallintaminen on muodostumassa standardiksi tietokoneavusteisessa suunnittelussa arkkitehtuuri- ja rakennusosalalla. (Irizarry et al. 2013, s. 11; Gheisari & Irizarry 2016, s. 70.) Rakennusten tietomallintaminen voi sisältää monenlaista informaatiota, kuten rakennusaikatauluja, kustannustietoja, kolmiulotteisia virtuaalisia objekteja ja kiinteistön ylläpitotietoja (Chi et al. 2013, s. 119).

Rakennusten tietomallintamisesta kaavaillaan ratkaisua rakennusprojekteihin osallistuvien eri toimijoiden erilaisten toimintatapojen ja informaatiolähteiden integroimiseksi keskenään (Wang 2009, s. 321). Nykyisten rakennusprojektien suunnittelu- ja implementointivaiheiden väliset tiedonkulun ongelmat vaativat parempien kommunikointityökalujen käyttöä (Chi et al. 2013, s. 119) ja rakennusten tietomallintamisen ja lisätyn todellisuuden yhdistäminen voi toimia mahdollisena työkaluna kiinteistön rakennus- ja ylläpitovaiheiden siirtymässä ja täten laajemmin koko rakennuksen elinkaaren aikana. Rakennuksen tietomalleissa yleistynyt IFC-standardi (Industry Foundation Classes) helpottaa myös kommunikointia ja tiedonjakoa eri sidosryhmien käyttämien sovellusten välillä (Irizarry et al. 2013, s. 15).

Rakennusosalalla lisätyn todellisuuden ratkaisujen integroiminen rakennusten tietomallien kanssa on tunnistettu merkittäväksi trendiksi (Wang et al. 2013, s. 109). Valtaosa tästä tutkimuksesta on kuitenkin keskittynyt rakennusten suunnittelu- ja rakennusvaiheisiin sekä useimmiten vain ulkotilojen käyttökontekstiin ja rakennusten tietomallien ja lisätyn todellisuuden hyödyntämistä sisätiloissa kiinteistöjen ylläpitovaiheessa on tutkittu vasta vähän (Gheisari & Irizarry 2016, s. 71). Tällä on kuitenkin merkittävä potentiaali kiinteistö- ja rakennusalan toimintojen tehostamisessa. Rakennuksen tietomalleja voidaan hyödyntää alustana eri informaatiolähteiden linkittämisessä toisiinsa (Woodward et al. 2014, s. 306). Kaikkialla toimivat ja internet-pohjaiset lisätyn todellisuuden järjestelmät mahdollistavat käyttäjille informaation nopean päivittämisen ja synkronoimisen yrityksen tietojärjestelmien kanssa (Rankohi & Waugh 2013, s. 13).

Rakennusten tietomallien suosio rakentamisen suunnittelussa ja valvonnassa on kasvanut, mutta tietomallien hyödyntämiseen rakennuksen koko elinkaaren aikana ei ole vielä panostettu vastaavasti (Kuula et al. 2012, s. 203). Tietomalleja voidaan hyödyntää visualisoinnin pohjana ja muissa sovelluskohteissa kuten lisätyssä todellisuudessa. Perusteellisten tietomallien hyödyntäminen mahdollistaa myös huomattavan tarkkuuden lisätyn todellisuuden sovelluksissa, kun sovelluksen on mahdollista yhdistää käyttäjän todellinen ympäristö tietomallin tiettyyn osaan. Lisätyn todellisuuden sovelluksen integroidessa rakennuksen tietomallin käyttäjän todelliseen näkymään käyttäjän on



mahdollista esimerkiksi valita tietomallista tietty osa, jota sovellus korostaa todellisessa näkymässä (Woodward et al. 2014, s. 309). Valittuihin tietomallin osiin on lisäksi mahdollista liittää uutta informaatiota, kuten suoritettuja huoltotoimenpiteitä, varoituksia tai hälytyksiä (Woodward et al. 2014, s. 309–310).

Tavallisesti rakennusten tietomallintamisessa tietomallin tiedosto tuodaan ulos yhdestä sovelluksesta ja tallennetaan toiseen sovellukseen. Tällainen menettelytapa luo kuitenkin useita eri kopioita datasta. (Chi et al. 2013, s. 118). Tällöin esimerkiksi lisätyn todellisuuden sovelluksella rakennuksen tietomalliin kiinnitettyt annotaatiot ja mahdolliset korjaukset eivät siirry samalla sovellusten välillä. Pilvessä tehtävä tietojenkäsittely ja sen avulla tarjottavat palvelut voivat auttaa hallitsemaan rakennusten tietomallintamisen vaatimaa laajaa datamäärää ja tarjoamaan käyttäjille paremman pääsyn reaaliaikaiseen informaatioon (Chi et al. 2013, s. 118).

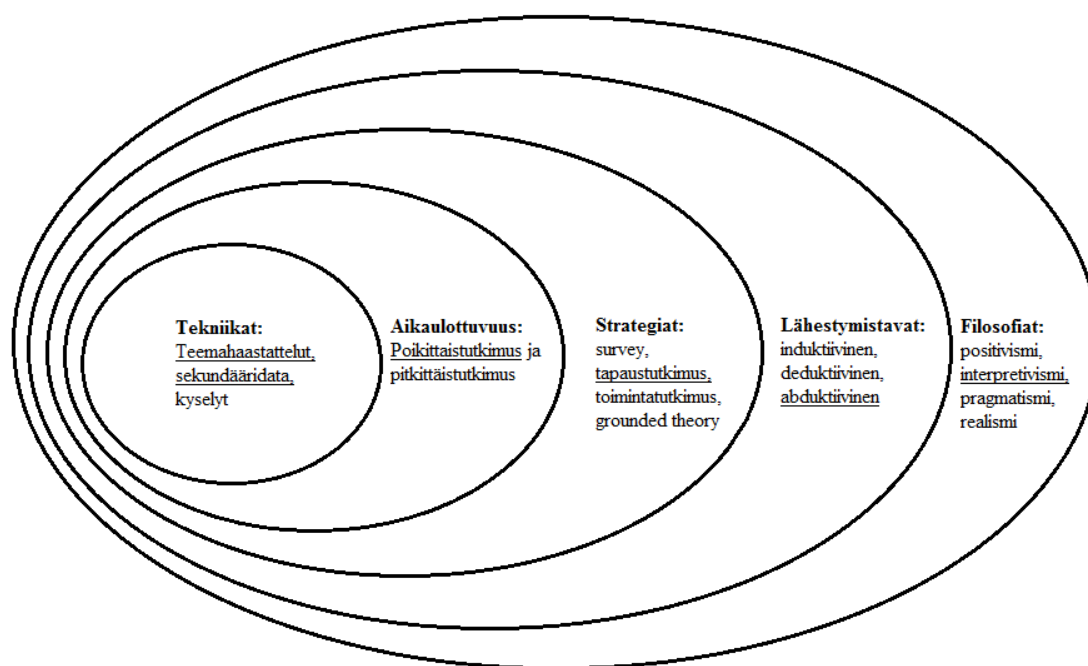
Rakennusten tietomalleja on kuitenkin tähän asti ollut haasteellista integroida lisätyn todellisuuden ratkaisuihin niiden korkean tietomäärän ja reaaliaikaisen esittämisen vaatiman laskentatehon vuoksi (Wang 2009, s. 322). Rakennusten tietomallien kääntäminen kiinteistö- ja toimitilapalveluiden ratkaisujen tarpeisiin riittävälle tarkkuudelle ja tietomallien vain osittainen käyttö on ollut tutkimuksen kohteena (Irizarry et al. 2013, s. 12). Ratkaisuksi on kehitelty visualisoinnin rajoittamista vain tiettyihin tietomallin osiin, jotka ovat relevantteja sen hetkisen käytön kannalta (Woodward et al. 2014, s. 309).

Lisätyn todellisuuden ja rakennusten tietomallien integroiminen on vielä pitkälti kehitysasteella, mutta tutkimuksista saadut tulokset viittaavat niiden yhteisen hyödyntämisen nopeuttavan työtehtävien suorittamista merkittävästi ja vähentävän virheitä perinteisiin paperidokumentteja hyödyntäviin toimintatapoihin verrattuna (Chu et al. 2018). Chu et al. (2018) mukaan lisätyn todellisuuden hyödyt käyvät ilmi informaation ylikuormituksen välttämässä, kun käyttäjän näkyville tuodaan ainoastaan hänelle olennainen informaatio rakennuksen tietomallista. Rakennusten tietomallit tuleekin integroida lisätyn todellisuuden ratkaisuihin tietomallien hyödyntämisen tehostamiseksi kiinteistön koko elinkaaren aikana (Chu et al. 2018, s. 306).

## 4. TUTKIMUKSEN EMPIIRIAN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

### 4.1. Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen metodiikka

Tutkimuksen empiirisen osion toteutuksessa tehtyjä valintoja on havainnollistettu kuvassa 12. Tehdyt valinnat on sijoitettu Saunders et al. (2009) kehittämään tutkimussipuliin, jossa edetään korkeamman tason tutkimusfilosofiasta tutkimuksen lähestymistapoihin ja strategioihin, tutkimuksen aikaulottuvuuteen ja lopulta tutkimuksen toteutuksessa käytettyihin tekniikoihin.



**Kuva 12.** Tutkimussipulin soveltaminen tutkimukseen (mukailtu Saunders et al. 2009, s 108)

Tämän tutkimuksen empiirisen osion tutkimusfilosofiana on interpretivismi. Interpretivismin mukaan tutkijan on tärkeää ymmärtää ihmisten erilaisia rooleja ja eroja sosiaalisina toimijoina. Interpretivismi sopii hyvin liiketaloudelliseen tutkimukseen tutkittavien asioiden monimutkaisuuden ja tilanteiden ainutlaatuisuuden vuoksi. (Saunders 2009, s. 116.) Tutkija itse on myös erottamaton osa tutkimusta ja

tutkimukseen osallistuvien kohdeyritysten organisaatiokontekstia eikä vain etäinen observoija. Tutkija tekee tulkintoja oman käsityksensä pohjalta.

Tieteelliset päättelytavat voidaan jakaa induktiiviseen, deduktiiviseen ja abduktiiviseen (Tuomi & Sarajärvi 2009, s. 95). Induktiivisessa päättelyssä lähdetään liikkeelle yksittäisistä havainnoista, joiden pohjalta pyritään kehittämään havaintoja selittäviä teorioita (Saunders et al. 2009, s. 125–126). Induktiivisen päättelyn avulla saavutetuista johtopäätöksistä ei koskaan voida olla täysin varmoja, sillä nämä johtopäätökset perustuvat rajalliseen aineistoon (Ghuri & Grønhaug 2005, s. 15). Deduktiivisessa päättelyssä taas lähdetään yleisestä teoriasta, jota testataan perusteellisesti yksittäisten havaintojen avulla. Deduktiota käytetään erityisesti luonnontieteissä, joissa pyritään löytämään erilaisia luonnonlakeja testaamalla kehiteltyjä hypoteeseja. (Saunders et al. 2009, s. 124-125.)

Tässä tutkimuksessa teoriaosiossa kartoitetaan lisätyn todellisuuden tähänastista tilaa, mutta ei suoraan luoda teoriaa ehdotettavista toimenpiteistä yrityksille, joita lähdettäisiin testaamaan empiirisen osion aikana. Empiiristä osiota voidaan osittain kuvailla induktiiviseksi, mutta johtopäätöksiä ei tehdä vain yksittäisten havaintojen pohjalta vaan tässä tutkimuksessa hyödynnetään aiemmin kerättyä teoriaa ohjaamaan johtopäätösten tekemistä yksittäisten havaintojen pohjalta. Tätä lähestymistapaa kutsutaan abduktiiviseksi eli teoriaohjaavaksi lähestymistavaksi (Tuomi & Sarajärvi 2009, s. 96). Tämän tutkimuksen lähestymistapa on siis abduktiivinen.

Tutkimusstrategiaksi valittiin tapaustutkimus. Yin (2009, s. 18) mukaan tapaustutkimus on tutkimusstrategia, jossa empiirisellä tarkastelulla tutkitaan tiettyä ilmiötä syvällisesti todellisen elämän kontekstissa. Tapaustutkimuksessa voidaan tarkastella myös useita tapauksia yhden sijaan, jos halutaan löytää yhtäläisyyksiä useiden eri tapausten välillä (Saunders et al. 2009, s. 146). Tapaustutkimusta käytetään laajalti tutkimusstrategiana liikkeenjohdon tutkimuksessa ja se hyödyntää useimmiten laadullista lähestymistapaa (Gummesson 2000, s. 83). Tässä tutkimuksessa tutkimuskohteina on useita kohdeyrityksiä, joiden näkemiä haasteita ja mahdollisuuksia vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden teknologioiden suhteen pyritään kartoittamaan. Tapaustutkimuksessa tiedonkeruutekniikoita voi olla useita ja niihin kuuluvat esimerkiksi haastattelut, havainnointi ja kyselyt (Saunders et al. 2009, s. 146). Tapaustutkimusta käytetään usein kartoittavassa ja selittävässä tutkimuksessa (Saunders et al. 2009, s. 146). Tätä tutkimusta voidaan kuvailla kartoittavaksi tutkimukseksi, sillä tarkoituksena on ymmärtää vähän tutkittua ongelmaa ja kartoittaa hankkeeseen osallistuvien kohdeyritysten näkemiä haasteita ja mahdollisuuksia vuorovaikutteisen lisätyn todellisuuden suhteen.

Ajallisesti tutkimus toteutettiin poikkileikkauksena, sillä tutkimukselle asetetuissa aikarajoissa ei ole mahdollista seurata hankkeen aikana kokeiltuja ratkaisuja, niiden

toimivuutta ja niistä saatuja hyötyjä. Tutkimuksen tarkoituksena on haastatteluiden asettamissa aikarajoissa selvittää kohdeyritysten käsityksiä vuorovaikutteisesta lisäystä todellisuudesta. Pitkittäistutkimuksessa taas tutkitaan tarkasteltavan ilmiön muutosta ja kehitystä pidemmällä aikavälillä. (Saunders et al. 2009, s. 155)

Empiirisessä tutkimuksessa aineiston keruu- ja analyysimetodit on kuvailtava tarkkaan, jotta tutkimuksen lukija voi arvioida tutkimusta ja sen uskottavuutta (Tuomi & Sarajärvi 2009, s. 21). Tutkimuksessa aineistoa on mahdollista kerätä itse, jolloin puhutaan primääridatasta, tai hyödyntää jo valmista lähdeaineistoa, jota kutsutaan sekundääridataksi (Saunders et al. 2009). Tässä tutkimuksessa empiirisen osion primääridatan tiedonkeruu toteutetaan haastatteluiden avulla. Haastatteluiden tarkoituksena on kerätä validia ja luotettavaa aineistoa tutkimuskysymyksiin vastaamiseksi (Saunders et al. 2009, s. 318). Haastatteluiden ideoinnissa hyödynnetään sekundääridatana jo aiemmin Diili-hankkeen aikana haastatteluissa ja työpajoissa kerättyä aineistoa.

Saunders et al. (2009, s. 320–321) jakavat haastattelut avoimiin haastatteluihin, puolistrukturoituihin haastatteluihin ja strukturoituihin haastatteluihin. Strukturoidut haastattelut eli kyselyt muodostuvat ennalta määräytyistä kysymyksistä, joihin haastateltava vastaa valitsemalla haluamansa vastauksen ennalta määritetystä vaihtoehtoista. Strukturoitujen haastatteluiden on tarkoitus olla mahdollisimman samankaltaisia kaikille vastaajille ja niiden avulla voidaan kerätä määrällistä dataa. Avoimet haastattelut ovat vapaampia muodoltaan ja haastattelijalla ei ole käytössään ennalta määrättyä listaa kysymyksistä. Haastattelijalla on kuitenkin selvä käsitys siitä, mitä aihealueita haastatteluiden aikana käsitellään. Puolistrukturoiduissa haastatteluissa eli teemahaastatteluissa haastattelijalla on lista läpikäytävistä kysymyksistä ja teemoista, mutta osa kysymyksistä voidaan tarvittaessa jättää pois haastattelun aikana ja niitä voidaan käydä läpi tilanteen vaatimassa järjestyksessä haastattelukontekstista riippuen (Tuomi & Sarajärvi 2009, s. 73). Avoimilla ja puolistrukturoiduilla haastatteluilla kerätään laadullista dataa. Tässä tutkimuksessa tutkimusmenetelmänä käytetään puolistrukturoituja haastatteluja.

Teemahaastatteluun päädyttiin strukturoitujen haastatteluiden sijaan, koska teemahaastatteluissa voidaan tarpeen mukaan esittää jatkokysymyksiä haastatteluiden aikana esille tulleiden mielenkiintoisten asioiden suhteen. Avoimempien kysymysten vuoksi haastateltavat voivat vastata kysymyksiin laajemmin ja vapaammin strukturoituihin haastatteluihin verrattuna. (Ghuri & Grønhaug 2005, s. 133.) Tämä on olennaista tutkittaessa uutta aihealuetta kuten lisättyä todellisuutta. Teemahaastatteluissa aiemmin valittuja teemoja voidaan käsitellä sen mukaan, miten ne tulevat esiin haastatteluiden edetessä (Koskinen et al. 2005, s. 105–106). Avoimiin haastatteluihin ei päädytty, koska se olisi tehnyt eri kohdeyrityksille tehtävien haastatteluiden vertailemisesta ja kaikille kohdeyrityksille yhteisten ja olennaisten asioiden löytämisestä

vaikeampaa. Tavoitteena on haastatteluita ohjaavan haastattelurungon avulla löytää erilaisia näkemyksiä tietyistä ydinkysymyksistä haastateltavilta kohdeyrityksiltä.

## **4.2. Teemahaastatteluiden toteutus**

Teemahaastattelut suoritettiin osana hankkeen kohdeyrityksiin tehtäviä laaja-alaisempia haastatteluita. Tutkimukseen liittyvien teemahaastatteluiden aikana käsiteltiin siis myös laajemmin Diili-hankkeeseen sisältyviä osa-alueita kuten digitalisaatiota ja mobiiliratkaisuja yleisesti pelkän lisätyn todellisuuden näkökulman sijaan. Haastatteluissa oli tutkijan lisäksi paikalla vähintään yksi henkilö Diili-hankkeen tutkijatiimistä. Haastateltavia oli haastatteluissa kohdeyritysten puolesta joko yksi tai useampia ja ne toteutettiin yritysten omissa tiloissa. Kohdeyrityksiin tehtiin seitsemän laajempaa haastattelua, jotka kestivät noin puolestatoista tunnista kahteen tuntiin. Kahdessa näistä kohdeyrityksistä suoritettiin myös kokeiluja, joissa testattiin erästä lisätyn todellisuuden sovellusta työkäytössä. Näiden kokeilujen jälkeen suoritettiin lyhyemmät noin reilun tunnin pituiset palautehaastattelut sovelluksen käytöstä. Kaikki haastattelut suoritettiin kasvokkain ja nauhoitettiin haastateltavien luvalla myöhempää analysointia varten.

Haastattelut voidaan suorittaa joko yksilö- tai ryhmähaastatteluina. Tässä tutkimuksessa tehtiin sekä yksilö- että ryhmähaastatteluita. Kun haastatteluissa on mukana enemmän kuin yksi haastateltava, voidaan niitä kuvailla myös fokusryhmähaastatteluiksi (Saunders et al. 2009, s. 343). Ryhmähaastatteluissa ongelmaksi saattavat osoittautua negatiivisten asioiden esiintuomisen välttäminen ja dominoivien henkilöiden vaikutus haastattelun kulkuun (Hirsjärvi et al. 2007, s. 206). Toisaalta ryhmähaastattelu on myös tehokas haastattelumuoto, sillä saman haastattelun aikana voidaan kerätä tietoja useammalta haastateltavalta yhtä aikaa (Hirsjärvi et al. 2007, s. 205).

### **4.2.1. Haastateltavien valinta**

Tutkimuksessa haastateltavien henkilöiden valinta tehtiin Diili-hankkeeseen osallistuneiden kohdeyrityksen henkilökunnan joukosta. Haastateltavien valinnassa ei ollut merkittävää valinnanvaraa tutkijan näkökulmasta vaan haastateltavat otettiin hankkeen suunnalta annettuina. Haastateltavia olivat yritysten digitalisaatiosta vastaavat johtohenkilöt sekä mahdollisten ratkaisujen loppukäyttäjät. Käyttäjien näkökannat on järkevää ottaa huomioon jo alussa ohjaamaan käyttöönotettavan järjestelmän suunnitteluprosessia (Kuula et al. 2012, s. 210). Haastatteleamalla sekä yritysten johtohenkilöitä että tavallisia työntekijöitä saadaan aikaan laaja-alaisempi katsaus vuorovaikutteisen lisätyn todellisuuden ratkaisujen mahdollisuuksiin ja haasteisiin. Kaikki haastateltavat olivat suomalaisia. Tiedot haastatteluiden tyypeistä, ajankohdista ja osallistujista on kerätty taulukkoon 1.

**Taulukko 1.** Yhteenveto haastatteluista

Haastateltava yritys	Ajankohta	Haastattelun tyyppi	Haastateltavat	Haastattelijat
Yritys A	26.10.2017	Ryhmähaastattelu	Toimitusjohtaja, yhteistyöyrityksen toimitusjohtaja ja kiinteistöjohtaja	Neljä tutkijaa
Yritys B	31.10.2017	Ryhmähaastattelu	Kehitysjohtaja ja työympäristöjen asiantuntija	Neljä tutkijaa
Yritys C	3.11.2017	Yksilöhaastattelu	Toimitusjohtaja	Viisi tutkijaa
Yritys D	15.11.2017	Ryhmähaastattelu	Toimitusjohtaja, yksikönpäällikkö, huoltomies ja maisemasuunnittelija	Kolme tutkijaa
Yritys C	21.11.2017	Ryhmähaastattelu/ sovelluskokeilu	Toimitusjohtaja, neljä tiiminjohtajaa, neljä siivoojaa ja huollon asiantuntija	Kolme tutkijaa ja yksi ratkaisutoimittajan edustaja
Yritys D	27.11.2017	Ryhmähaastattelu/ sovelluskokeilu	Toimitusjohtaja, yksikönpäällikkö, huollon esimies, isännöitsijä ja huoltomies	Kolme tutkijaa ja yksi ratkaisutoimittajan edustaja
Yritys E	5.12.2017	Yksilöhaastattelu	Toimitusjohtaja	Kolme tutkijaa
Yritys E	24.1.2018	Ryhmähaastattelu	Toimitusjohtaja, kiinteistöjohtaja, rakennuspäällikkö, rakennuttajainsinööri, ERP-projektin johtaja	Neljä tutkijaa ja yksi ratkaisutoimittajan edustaja
Yritys A, Yritys B ja Yritys D	15.2.2018	Ryhmähaastattelu	Toimitusjohtaja, toimitusjohtaja ja kehitysjohtaja	Neljä tutkijaa

Koko toimialan kontekstissa kohdeyritykset ja niitä edustavat haastateltavat edustavat todennäköisesti digitalisaation ja lisätyn todellisuuden hyödyntämisestä keskimäärin kiinnostuneempia yrityksiä, koska yritykset lähtivät mukaan aihealuetta tutkivaan hankkeeseen. Tutkimuksessa saatuja tuloksia ei siis voida pitää täysin sovellettavina koko kiinteistö- ja rakennusalan yritysten kontekstiin hankkeeseen osallistuvien yritysten itsevalikoituvuuden vuoksi.

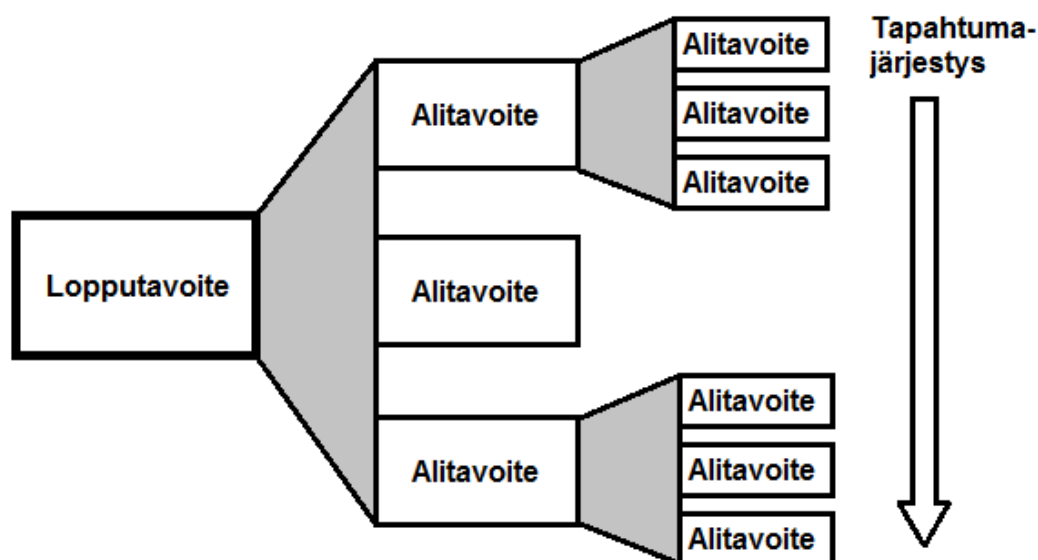
#### 4.2.2. Haastattelurunko ja käyttöskenaariot

Tutkija toimi Diili-hankkeen aikaisempien työpajojen ja palaverien aikana observoijana tehden huomioita ja muistiinpanoja työpajojen ja ideointien aikana ilmi tulleista näkökannoista. Näiden tapahtumien aikana tehtyjä muistiinpanoja kirjoitettiin auki työpajojen jälkeen ja muistiinpanoista pyrittiin löytämään yhteneväisyyksiä muistiinpanojen kategorisoinnin avuksi. Myös jo aiemmin Diili-hankkeen aikana

kerättyä haastattelu- ja työpaja-aineistoa hyödynnettiin tutkimuksen empiirisen osion toteutuksen valmistelussa. Haastattelukysymysten ideoinnissa hyödynnettiin myös tutkimuksen teoriakatsausta. Haastattelurunko on esitetty liitteessä 1.

Haastatteluiden viitekehyksenä päätettiin hyödyntää kohdeyrityksille ideoitujen lisätyn todellisuuden ratkaisujen toiminnallisuutta kuvaavia käyttöskenaarioita. Skenaariot ovat esimerkkejä vuorovaikutustilanteista ja ne muodostuvat toinen toistaan seuraavien toimintojen kuvauksista (Parviainen 2003, s. 2003, s. 51). Skenaariot ovat yksi tapa keskustella, kartoittaa ja selventää sidosryhmien käsityksiä tarkasteltavasta järjestelmästä (Parviainen 2003, s. 51; Hull et al. 2005, s. 92). Skenaariot ovat esimerkkitapauksia vuorovaikutustilanteista ja ne ovat hyödyllisiä, koska eri sidosryhmien on helpompi ymmärtää todellisia käyttötapausesimerkkejä abstraktien järjestelmäkuvausten sijaan (Parviainen 2003, s. 51). Skenaariot eivät ole täysin kattavia kuvauksia järjestelmän toiminnasta. Tämä herättää haastateltavissa kysymyksiä ja ideoita järjestelmän toimintaan liittyen ja sille asetettuihin vaatimuksiin nähden suunnitteluun osallistuvissa henkilöissä (Hull et al. 2005, s. 93). Työpajojen tuloksia käytettiin sekundääridatana myös käyttöskenaarioiden muodostamisessa. Käyttöskenaariot on esitelty liitteessä 1.

Skenaariot muodostettiin hyödyntämällä Hull et al. (2005, s. 92–93) mallia skenaarioiden luomisesta. Malli on esitetty kuvassa 13. Mallissa aloitetaan lopputavoitteesta, josta johdetaan sen saavuttamiseen tarvittavat toiminnallisuudet. Nämä toiminnallisuudet jaetaan pienemmiksi vaiheiksi ja ne asetetaan hierarkiaan niiden tapahtumisjärjestyksen perusteella.



**Kuva 13.** Skenaario tavoitteiden hierarkiana (mukailtu Hull et al. 2005, s. 92)

Lisätyn todellisuuden hyödyntämistavoista kiinteistö- ja rakennusallalla kehiteltiin useita erilaisia käyttöskenaarioita haastatteluiden tueksi. Haastatteluiden aluksi valittiin erityisesti kohdeyrityksen kontekstiin relevantti skenaario lisätyn todellisuuden soveltamisen havainnollistamiseksi ja ideoinnin sekä keskustelun herättämiseksi.

#### **4.2.3. Haastatteluiden analysointi**

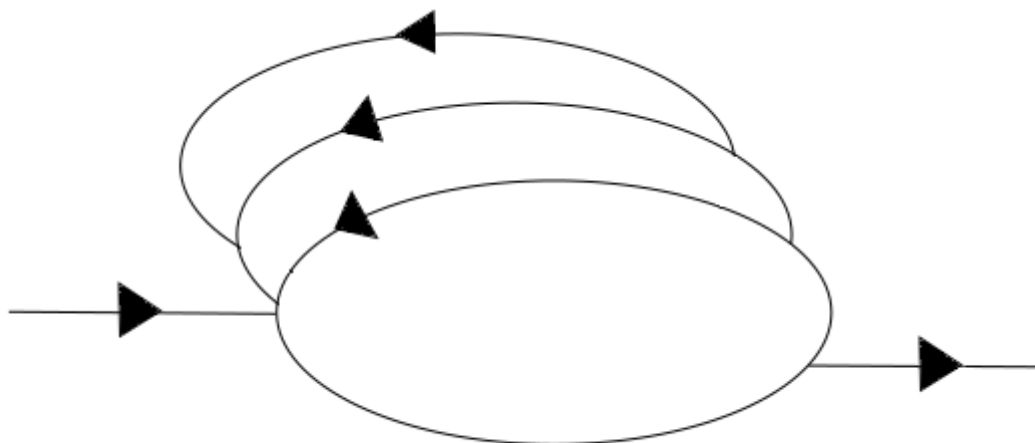
Haastatteluiden jälkeen haastattelut litteroitiin mahdollisimman pian Word-dokumentteihin mahdollisimman perusteellisesti kuitenkin jättäen turhat toistot ja tutkimuksen kannalta epäolennaiset osiot pois lopullisesta dokumentista. Haastatteluaineistoa lähdettiin purkamaan kvalitatiivisilla analyysimenetelmillä. Kvalitatiivisten analyysimenetelmien tarkoituksena on pelkistää, eritellä ja järjestellä kerättyä tietoaineistoa ja tehdä johtopäätöksiä tämän jalostetun aineiston pohjalta (Ghauri & Grønhaug 2005, s. 206). Miles & Huberman (1994, s. 10–12) jaottelevat kvalitatiivisen aineisto-analyysin kolmeen eri vaiheeseen:

1. Aineiston pelkistäminen
2. Aineiston ryhmittäminen
3. Johtopäätösten tekeminen ja verifiointi

Aineiston pelkistämisessä aineistosta valikoidaan olennaisimmiksi nähdyt asiat, jotka sitten kategorisoidaan ja niistä pyritään tunnistamaan teemoja ja yhtäläisyyksiä (Ghauri & Grønhaug 2005, s. 206). Aineiston ryhmittelyssä pelkistetty aineisto organisoidaan ja esitetään sellaisessa muodossa, joka mahdollistaa johtopäätösten tekemisen (Ghauri & Grønhaug 2005, s. 207).

Litteroiduista haastatteluista värikoodattiin olennaisiksi ja kiinnostaviksi nähdyt osiot, joita sitten kategorisoitiin sopivien korkeamman tason otsikoiden alle. Analyysiä suoritettiin jatkuvasti tutkimuksen aikana sen sijaan, että kaikki haastattelut olisi ensin suoritettu ja litteroitu kokonaisuudessaan, jonka jälkeen aineiston analysointi olisi vasta aloitettu. Tämänkaltaisessa lähestymistavassa vaiheet seurasivat toisiaan lineaarisesti ja tämä malli soveltuu erityisesti kvantitatiivisen aineiston analysointiin.





**Kuva 14.** Laadullisen analyysin polveileva eteneminen (Mukailtu lähteestä Hirsjärvi et al. 2007, s. 218)

Tässä tutkimuksessa analyysi taas seurasi kuvan 14 mukaista jatkuvaa spiraalimallia, jossa aineistoa analysoidaan jatkuvasti asteittain välittömästi aineiston keräämisen jälkeen ja aineistosta esiin nousevat teemat ja kategoriat muodostuvat ja jalostuvat analyysin edetessä. Tämä malli soveltuu hyvin kvalitatiivisen aineiston analysointiin, sillä aineiston välittömän käsittelyn ansiosta aineiston keruun tapahtumat ovat tuoreemmin tutkijan mielessä. Toisaalta myös ajallisen etäisyyden ottaminen aineistoon luo omanlaisensa kypsyyden asioiden tulkintaan (Hirsjärvi et al. 2007, s. 218), mutta tämän tutkimuksen ja opinnäytetyön kontekstissa se ei ollut ajallisesti järkevää.

## 5. TUTKIMUKSEN TULOKSET

Tässä osiossa käydään läpi kohdeyrityksissä tehtyjen teemahaastatteluiden aikana esille tulleet vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönottoon ja hyödyntämiseen liittyvät haasteet ja mahdollisuudet.

### 5.1. Haasteet

Haastatteluiden aikana kävi ilmi, että vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönottoon liittyvät haasteet liittyivät osittain myös toimialan yleisiin konkreettisiin haasteisiin. Tutkimuksessa lähdettiin aluksi kartoittamaan lisätyn todellisuuden vuorovaikutteisuuden liittyviä haasteita, mutta käyttöönottoon liittyvät yleisemmät haasteet osoittautuivat myös merkittäviksi. Tulososiossa tunnistettuja haasteita on siis tarkasteltu sekä käyttöönoton että vuorovaikutteisuuden näkökulmasta.

#### 5.1.1. Kiinteistö- ja rakennusalan erityispiirteet

Kiinteistö- ja rakennusalan koettiin olevan huomattavasti jäljessä muihin toimialoihin verrattuna tietotekniikan hyödyntämisen suhteen. Yritykset näkivät toimialan erittäin konservatiivisena ja jämähtäneenä menneiden vuosikymmenten toimintatapoihin. Merkittävänä syynä tähän nähtiin olevan asiakkailta tulevan muutospaineen vähyys ja kiinteistöjen pitkät elinkaaret, jonka vuoksi muutoksia toimintatapoihin ei lähdetä tekemään kovin helposti.

*”Et kyllähän tässä nyt on, anteeksi vaan näitä kaikkia suuria kohtaan, mutta kun on päässyt yhdelle näistä luovuttelemaan kiinteistöjä ja katselemaan, miten ne toimii, niin sehän on kuin 80-luvulta” –Yritys A*

Mahdollisina muutoksen lähteinä pidettiin kuitenkin kiinteistö- ja rakennusallalla käynnissä olevaa sukupolvenvaihdosta. Nuoremmat työntekijät nähtiin valmiimpina ottamaan käyttöön uudenlaisia teknologioita sekä toimintatapoja.

*”Kyl mä nyt itse uskon enemmän rakennusalan muutokseen tällä hetkellä, kun meillä on nyt tapahtunut jo ihan älytön sukupolven vaihdos.” –Yritys A*

*”Siel on muutama hassu, joka ei oo älykännykkää luvannu ottaa, mutta muuthan kaikki on innovatiivista porukkaa ja aika nuorta osa porukkaa. Se on ihan tässä sormin*

*laskettavissa ne ketkä ei ole ja nekin poistuu tietysti tässä vahvuudesta lähivuosina.” –*

Yritys D

Hankkeeseen osallistuvien yritysten itsevalikoituvuuden vuoksi tutkitut yritykset ovat kuitenkin todennäköisesti avoimempia digitalisaatiota kohtaan sekä valmiimpia viemään läpi uudistuksia toimialalla kuin muut alan yritykset keskimäärin. Yhdessä yrityksessä oli esimerkiksi otettu ensimmäisenä pirkanmaalaisena alan yrityksenä käyttöön GPS-seuranta hiekoituksen ja lumenaurauksen valvontaan. Haastatteluista ilmeni kuitenkin myös alan odottava tunnelma digitalisaation ja tiedonjakamisen kehittämisen suhteen. Muutoksia odotettiin tulevan myös alan ulkopuolelta yrityksiltä, jotka eivät ole niin sitoutuneita alan vanhoihin käytäntöihin ja toimintatapoihin.

*”Kyllähän se nyt jossain kohtaa muuttuu, kun me nyt odotetaan ja seurataan että kun joku lyö läpi. Kyllä tässä vaan on otettava pieniä askelia ja odotettava et joku breikkaa, mutta se ei tule alan sisältä. Se tulee jotain muuta kautta.” –Yritys A*

Yritykset näkivät alan toimijoiden olevan melko eristäytyneitä toisistaan eikä tiedonjakaminen yritysten välillä onnistu helposti. Yritykset kokivat myös olevansa melko kaukana asiakkaistaan. Tällöin asiakkailta tuleva paine muutoksien tekemiseen koettiin vähäisempänä. Osilla yrityksistä tämä johtui myös kiinteistökannan sijaitsemista ympäri Suomea, jolloin yritykset ovat harvemmin tekemisissä kiinteistöjen ja palveluiden loppukäyttäjien kanssa. Asiakkaiden valmiuteen ottaa käyttöön uusia digitaalisia teknologioita suhtauduttiin osissa yrityksistä epäilevästi.

*”Mitenkä tää menee nyt tässä ku mietitään et nyt vaaditaan jo asukkaaltakin kamalat laitteet ni heittäppä nyt kahdeksankymppiselle laite et sä seuraavan työilmotuksen teet muuten tolla et älä soita. Se on usein edelleenkin vanhaan kirjekuoreen piirretty päälle ja tuota pudotettu postilaatikkoon se ilmoituslappu ni siitä on aika loikka sitten tähän.”*

–Yritys D

Osa yrityksistä piti varsinkin lisättyä todellisuutta erittäin kaukaisena korkean tason teknologiana nykyisin käytössä oleviin ratkaisuihin verrattuna, vaikka haastateltavien yritysten käytössä olevat tietotekniset ratkaisut ovatkin keskimäärin edistyneempiä muihin alan toimijoihin verrattuna. Siirtymistä nykyisistä yritysten käytössä olevista teknologioista kehittyneimpiin saatavilla oleviin ratkaisuihin pidettiin haasteellisena.

*”Tosta sen verran, et ku meillä on se oma app, ni se on ihan absurdia et se on high-techiä tällä alalla. Asiat mistä te puhutte, ni ne menee täällä korkealla ja tämä meidän app on niinku täällä hiton alhaalla, ku se on ruutuvihosta seuraava.” –Yritys A*

Kiinteistö- ja rakennusalan yritysten suhteellisen pientä keskimääräistä kokoa pidettiin haasteena sopivien ratkaisutoimittajien löytämisessä, sillä haastateltavat uskoivat vain

harvan suuremman ratkaisutoimittajan alkavan erityisesti räätälöimään ratkaisuja pien- ja keskisuurille yrityksille sopivilla kustannuksilla. Tämä ohjaa yrityksiä ottamaan käyttöön valmiita räätälöimättömiä ratkaisuja.

*” [...] koska se on iso ongelma, kun ne hakee vaan tällaisia satojen tuhansien projekteja. Ja eihän tällaisesta yrityksestä semmoista löydy. Eikä kukaan semmoiseen lähde, tän kokoinen yritys, mihinkään satojen tuhansien projekteihin mukaan. Että kyllä täs on aika paljon tehtävää ja toivottavasti tää nyt sillä tavalla sais sellaista julkisuutta ja semmoista tietoisuutta, että kun jos te mietitte ni kaikki digitalisaatioesimerkit, nehan on isojen yritysten esimerkkejä. Kuinka paljon on isoja yrityksiä? Alle 10 % kaikista Suomen yrityksistä. Mitäs ne kaikki muut? Meillä ei ole mitään esimerkkiä, kosketuspintaa tai mallia millä me voitais ruveta hahmottamaan sitä asiaa eri tavalla.”*

–Yritys C

Kiinteistö- ja rakennusosalalla työnteko keskittyy pääasiassa sisätiloihin ja uusien paikannustietoa vaativien digitaalisten ratkaisujen teknistä toimivuutta pidettiin myös kyseenalaisena. Nämä uudet ratkaisut eivät myöskään olleet vielä yleistyneet toimialalla merkittävästi. Työkohteiden suuri määrä luo haasteita jokaisessa kiinteistössä toimivien ratkaisujen kehittämisessä.

*”Niin jossain kellaritilassa tai jossain, kuten yhdessä paikkaa on pesukoneet siellä alhaalla niin siellä on joskus huonot yhteydet. Tehtaan sisällä ja tiiliseiniä on siellä paljon siinä ympärillä niin...”* –Yritys C

Tiedon tuominen käyttäjän näkyville käyttäjän paikan perusteella on lisätyn todellisuuden olennaisimpia lisähyötyjä, joten tämän haaste tulee huomioida tarkasti lisätyn todellisuuden ratkaisujen soveltuvuuden arvioinnissa kunkin yrityksen tarpeisiin. Yhteenveto kiinteistö- ja rakennusalan erityispiirteiden haasteista on esitetty taulukossa 2.

**Taulukko 2.** Yhteenveto kiinteistö- ja rakennusalan erityispiirteiden haasteista

<b>Haaste</b>	<b>Kuvaus</b>	<b>Vaikutus AR:n käyttöönottoon yleisesti</b>	<b>Vaikutus AR:n vuorovaikutteisuuden näkökulmasta</b>
Alan konservatiivisuus	Kiinteistö- ja rakennusala on varovainen uudistusten suhteen kiinteistöjen pitkien elinkaarten vuoksi	Tietoteknisinä ratkaisuinä käytetään vuosikymmeniä vanhoja järjestelmiä ja uusiin järjestelmiin siirtymiseen suhtaudutaan epäillen	Työntekijät saattavat helposti pitäytyä vanhoissa totutuissa vuorovaikutuskeinoissaan
Toimialan yritysten koko	Suuri osa toimialan yrityksistä koostuu pienistä ja keskisuurista yrityksistä	Toimialan yritysten käyttöön sopivia räätälöityjä AR-ratkaisuja tarjoavia yrityksiä vaikea löytää	Vähäisen työntekijämäärän vuoksi AR:n vuorovaikutustilanteissa kohdattujen ongelmien ratkaisuun pystytään harvoin nimittämään ainoastaan näiden ongelmien ratkaisemiseen keskittyvää vastuuhenkilöä
Toimintaympäristön luonne	Valtaosa työnteosta keskittyy sisätiloihin tai vaihteleviin ja ennalta valmistelemattomiin ympäristöihin	AR-ratkaisujen toimivuuden varmistaminen on haasteellista paikannusteknologioiden kehittymättömyyden ansiosta	Työntekijät saattavat turhautua ratkaisujen vain osittaisen toimivuuden vuoksi

### 5.1.2. Kiinteistö- ja rakennusalan henkilöstö

Toimialalle hakeutuvan henkilöstön tietotekniset taidot nähtiin myös haasteellisena lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönotossa. Esille tuli ajatus, että jos jokin huoltomies osaa käyttää älypuhelinta sujuvasti niin hänen osaamisensa ei rajoitu huoltomiehen tehtäviin.

*”Se on melkein, jos osaa käyttää älypuhelinta niin sen ei tarvii olla huoltomiehenä.” –*

Yritys A

Henkilöstön luku- ja kirjoitustaidon alhaista tasoa pidettiin myös haasteellisena uusien ratkaisujen käyttöönotossa. Lisätyn todellisuuden mahdollistamaa etänä tapahtuvaa vuorovaikutusta ja vuorovaikutuksen visuaalista luonnetta pidettiin kuitenkin lieventävänä tekijänä kyseisen haasteen suhteen.

*”[...] meillä on paljonkin sellaisia työntekijöitä, jotka ovat ihan kantasuomalaisia joilla on vaikeuksia lukea kirjoitettua tekstiä ja joilla on myöskin vaikeuksia kirjoittaa kirjoitettua tekstiä. Niin kyllä just meidänkin on pakko ruveta miettimään tällaisia vaihtoehtoisia tapoja, koska meillähän on tällä hetkellä kaksi tapaa: Joko kirjallinen tai suullinen ohjeistus. Meillä ei ole mitään muita ohjeistuksia olemassa. Ja se ei vaan enää riitä. Siihen menee ihan kohtuuttomasti aikaa sellaiseen lähikontaktissa olemiseen.” –Yritys C*

Kiinteistöjen huoltoon osallistuu myös henkilöstöä useasta eri yrityksestä esimerkiksi hissien huollon sekä kiinteistön yleishuollon alueilla. Henkilöstön vaihtuvuus on myös suurta, joka aiheuttaa paljon työtä uusien työntekijöiden kouluttamisessa. Tämä luo haasteita yhteisten käytäntöjen ja toimintatapojen käyttöönotossa. Kiinteistöhuollon järjestelmien avaamista kaikille huoltoon ja ylläpitoon liittyville työntekijöille pidettiin ongelmallisena yritysten tietojärjestelmien kokonaisuudenhallinnan kannalta.

*”Kun se on sitten taas aika tuskaista, jos me ruvetaan kaikille antamaan oikeudet tuonne Manageriin niin se ei pysy meillä enää hanskassa millään tavalla.” –Yritys A*

Osassa yrityksistä henkilöstön suhtautumista esitelyihin digitalisaation ja lisätyn todellisuuden ratkaisuihin pidettiin kuitenkin yllättävän suotuisana. Mahdollisena syynä tähän pidettiin alalla käynnissä olevaan sukupolvenvaihdosta.

*”Sen verran voisin vielä sanoa et mä olin tosi yllättynyt, kun mä tästä sitten briiffasin täällä meidän ihmisiä, niin mä luulin et mun pitää tätä asiaa myydä jotenkin kovastikin.*

*Ne oli ihan innoissaan siitä! Ja mä oon aika hämmästynyt siitä, kun mä jotenkin ajattelin, että mä joudun tekemään ihan helvetisti töitä että mä saan edes kymmenen ihmistä kokeilemaan tätä hommaa.” –Yritys C*

*”Sitten täytyy muistaa, että meilläkin koko ajan jää ihmisiä eläkkeelle ja uusia tulee tilalle ja niillähän on älypuhelin, ne käyttää sitä kaikkeen niitten elämässä. Niin ei se oo, se ei oo enää edes se syy, etteikö ne osaisi tai oppisi tai muuta, koska se on itsestäänselvyys et kaikki asiat hoidetaan puhelimen kautta.” –Yritys C*

Taulukossa 3 on esitetty yhteenveto kiinteistö- ja rakennusalan henkilöstön lisättyyn todellisuuteen liittyvistä haasteista.

**Taulukko 3.** Yhteenveto kiinteistö- ja rakennusalan henkilöstöön liittyvistä haasteista

<b>Haaste</b>	<b>Kuvaus</b>	<b>Vaikutus AR:n käyttöönottoon yleisesti</b>	<b>Vaikutus AR:n vuorovaikutteisuuden näkökulmasta</b>
Työntekijöiden tietotekninen osaamistaso	Alalle hakeutuvilla työntekijöillä ei ole korkean tason tietoteknisiä taitoja	Tietoteknisesti korkeamman osaamistason työntekijät siirtyvät helposti haastavampiin tehtäviin, jolloin varsinkin kehittyneempien AR-ratkaisujen käyttöaste suorittavalla tasolla saattaa jäädä alhaiseksi	Työntekijät eivät välttämättä osaa hyödyntää kaikkia AR:n mahdollistamia vuorovaikutuskeinoja
Työntekijöiden alhainen koulutustaso	Monen työntekijän luku- ja kirjoitustaito ei ole korkealla tasolla	Uusia tietoteknisiä ratkaisuja ei oteta käyttöön, jos ei pystytä luomaan yhteisiä toimintatapoja	Suomalais- ja ulkomaalaistaustaisten työntekijöiden välisessä kommunikoinnissa ja yhteistyössä vaikeuksia
Työvoiman suuri vaihtuvuus	Työntekijöitä on vaikea pitää pitkäkestoissa työsuhteissa	Yhteisten toimintatapojen kehittäminen on vaikeaa vaihtuvien työntekijöiden vuoksi	Uusien ja vanhojen työntekijöiden vuorovaikutustilanteet saattavat olla turhauttavia, koska osa työntekijöistä osaa jo käyttää AR-ratkaisuja sujuvammin

### 5.1.3. Järjestelmärajapinnat ja tiedon pirstaloituneisuus

Haastatteluissa tuli vahvasti esille kiinteistö- ja rakennusalan toimijoiden suuri määrä kiinteistöjen elinkaaren aikana. Kiinteistön rakennus- ja ylläpitovaiheisiin osallistuvilla yrityksillä löytyy huomattava määrä erilaisia tietojärjestelmiä, joiden rajapintoja ei ole pääasiassa avattu muiden käyttöön. Erilaisten järjestelmien ja standardien määrä ei ole huomattava ainoastaan yritysten välillä vaan myös yritysten sisäisesti tietojärjestelmien ja tiedostoformaattien määrä on huomattava. Yritysten tietojärjestelmiä ei ole pääasiassa kehitetty johdonmukaisesti ja pitkäjänteisesti eikä eri tietojärjestelmien välisiä yhteensopivuusongelmia ole huomioitu riittävästi. Kaikki yritysten keräämä tieto ei ole helposti uusien tietoteknisten sovellusten hyödynnettävissä.

*”Mehän hakattiin päätä seinään tässä kaks vuotta sen tiedonkeruun kanssa ja sitä et hitto vaan saa. Tässä on niin kuin käynyt meilläkin, mitä niitä nyt loppupeleissä oli, 8-9*

*eri softaa mihin tulee pilvestä tietoa ja kaikilla on rajapinnat kiinni ja tieto eri muodossa, 14 eri automaatiojärjestelmää mihin me ei päästä itse kiinni. Sehän meillä justiinsa on se ongelma et meillä se tieto on niin kauhean sirpaleista.” –Yritys A*

*”Joo ja varmistaa ennen ku tätä ruvetaan tekeen että se rajapinta on auki sitten. Ettei se, että tehdäänkin turhaan ja sitten todetaankin, että tehdään kahteen kertaan, kun ei rajapinnat aukea. Tää sama rajapintaongelmahan on ollu jo 90-luvun puolivälissä niin ongelmana. Sillon oli suljettuja järjestelmiä mm. kiinteistönhallintapuolella ja sitten isoon ääneen, että nyt siirrytään Unix-järjestelmään ja ostakaa tää, se on sitten siinä järjestelmässä avoin ja siihen voidaan muitakin systeemeitä yhdistää. Se ei oo ikinä onnistunu. Eli se kateus ja pelko ni aiheuttaa sen että niitä ei halutakkaan avata niitä rajapintoja.” –Yritys D*

Tämä haaste on lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönoton kannalta keskeinen, sillä sovellusten hyöty ilmenee pääasiassa työntekijän työtehtäviin olennaisen informaation tuomisessa käyttäjän näkymään. Alan yritykset näkivät alan trendinä kuitenkin sen, että suuret yritykset olivat parhaillaan kehittämässä historiallisesti suljettuja tietojärjestelmiään kohti avoimempia rajapintoja.

*”Nämä isot yritykset on ollut historiallisesti suljettuja, mutta nyt kun nämä on kasvanut ostamalla näitä pienempiä yrityksiä, jotka on ollut suljettuja, niin ne on huomannut et nyt kun ne sulautetaan niitten omaan liiketoimintaan niin eihän tästä tule yhtään mitään. Niin silloin ne on rakentanut siihen päälle semmoisen avoimen rajapinnan ja nyt ne avaa kaikkia systeemejä. Ne on nämä kaikki isoimmat huomannut et ainoa tapa saada kasvua aikaiseksi on avata tiedot.” –Yritys B*

Lisätyn todellisuuden ratkaisujen integroiminen näiden tietojärjestelmien kanssa on erittäin työläs prosessi ja vaatii paljon eri asiantuntijoita useiden tietojärjestelmien välisen tiedonjakamisen mahdollistamiseksi. Tietojärjestelmien ja kiinteistöissä sijaitsevan datan hajaantunut omistajuus nähtiin myös haasteellisenä, sillä esimerkiksi lisätyn todellisuuden ratkaisuissa hyödynnettävän paikkakohtaisen tiedon käyttölupien saaminen vaatii paljon neuvottelua eri toimijoiden välillä.

*” [...] se tulee todennäköisesti jonkun verran olemaan ongelma, koska meillähän suurin osa asiakkaista on semmoisia, että se kiinteistö missä ne toimii, ni he eivät ole kiinteistön omistajia. Eli ei heillä ole edes valtaa siihen. Tämä on musta semmoinen äärimmäisen iso kysymys ihan kokonaisuudessaan, että kuka niinku antaa luvat ja kuka sillä ansaitsee ja niin edelleen, se on musta ratkaisematta edelleenkin. Koska siellähän olis tosi paljon [dataa], mut että jos joku sanoo, että nämä on meidän piuhat, te ette näitä käytä, ni mitäs voit tehdä?” –Yritys C*



Osa haastatelluista yrityksistä oli vasta lähtemässä keräämään kaikkea eri tietoa mitä yritysten kiinteistöistä on saatavilla. Ongelmana ei siis ole jo valmiina olevan tiedon hyödyntäminen esimerkiksi lisätyn todellisuuden ratkaisujen avulla vaan jo sen mahdollistavan digitalisaatioasteen saavuttaminen. Kerättyä informaatiota ei suunniteltu hyödynnettävän ainoastaan yrityksen sisäisessä käytössä vaan rajapintoja suunniteltiin avattavan myös yrityksen ulkopuolisten toimijoiden hyödynnettäväksi.

*”Ajatuksena on, että me kehitettäis helposti lähestyttävä ja helposti löydettävä pilvipalvelu, jossa olisi poikkileikkaus siitä datasta mikä siellä on ja se me julkastais sillä tavalla, että kaikki muutkin voisi lähteä sitä hyödyntämään.” –Yritys B*

Osa yrityksistä tunnisti ongelmaksi alan toimijoiden vaihtelevat koot, jolloin pienempien yritysten on hyvin vaikeaa tuoda omasta aloitteestaan tietojärjestelmämuutoksia kiinteistön elinkaaren eri vaiheisiin.

*”Siinä mielessä, että on ihan totta se, että tavallaan kyllähän tää digitalisaatio ja AR/VR ne tulee nyten vauhdikkaasti läpi, mutta se että me ollaan niin pirun pieni toimija, että kyllähän meillä on tosi vaikeata hyödyntää mitään tällaisia yksinään.” – Yritys A*

Haastatteluiden mukaan yrityksillä menee myös paljon aikaa kiinteistöistä kerättävän tiedon viemisessä yrityksen tietojärjestelmiin. Osa yrityksistä oli vienyt läpi tietojärjestelmäkehityshankkeita omissa yrityksissään, mutta kokemukset niistä olivat usein huonoja. Useista järjestelmistä kerättävän tiedon integroiminen yhteen järjestelmään ja niistä saatavan datan laadun ja datan mahdollisimman lähellä reaaliaikaisuutta olevan saatavuuden varmistaminen ovat erittäin haasteellisia toteuttaa. Kiinteistökannan heterogeenisyys aiheuttaa myös huomattavia haasteita kokonaisuuden hallitsemisessa. Osassa kiinteistöistä on jo saatavilla monenlaista sensori- ja muuta digitaalista dataa, mutta suuri osa kiinteistöistä oli vielä lisätyn todellisuuden hyödyntämisen kannalta haasteellisia niistä saatavan datan vähyiden vuoksi. Kiinteistöjen datan saatavuutta ja sen hyödyntämismahdollisuuksia rajoittavat kiinteistön suunnitteluvuosi ja silloin käytössä olleet suunnittelutavat.

*”No siis suurin osa meidän kiinteistöistä on totaalisen tyhmiä. Sen takia tämä älyllistäminen on meillä yks semmoinen kriittinen kysymys ja seikka, että miten me lisäämään sitä.” –Yritys B*

Yritykset ovat siis pohtineet kiinteistöjen älykkyyden ja niistä kerättävän informaation lisäämistä myös vanhoissa kiinteistöissä. Rakennusten tietomallintaminen esimerkiksi nähtiin mahdollisena kuitenkin vain uudiskohteissa ja tämä jakaa kiinteistökannan selvästi lisätyn todellisuuden hyödyntämispotentialin näkökulmasta.

*”Sen takia lähdin siihen mallintamisen keskusteluun, koska se on ollut se hieno juttu, mutta kun se tosiaan on vaan uudiskohteissa, eihän vanhoja kohteita tänä päivänä ainakaan mun mielestä kannata lähteä mallintamaan.” –Yritys A*

Uusi kiinteistökanta on kehittymässä selvästi älykkäämpään suuntaan ja kokonaisuutena Suomen kiinteistöjen infrastruktuuria pidettiin kuitenkin varsin edistyskellisenä muuhun maailmaan verrattuna. Tästä huolimatta tämän datan hyödyntämistä ei oltu vielä lähdetty viemään eteenpäin määrätietoisesti ja alan digitalisaation muutosnopeutta pidettiin joka tapauksessa erittäin hitaana muihin toimialoihin verrattuna. Tietojärjestelmissä olevan datan laatu, reaaliaikaisuus ja yhteensopivuus nähtiin kriittisinä ongelmatekijöinä. Tietojärjestelmien rajapintojen ja tiedon pirstaloituneisuuden keskeisimmät haasteet on esitetty taulukossa 4.

**Taulukko 4.** Yhteenveto tietojärjestelmien rajapintojen ja tiedon pirstaloituneisuuden haasteista

Haaste	Kuvaus	Vaikutus AR:n käyttöönottoon yleisesti	Vaikutus AR:n vuorovaikutteisuuden näkökulmasta
Tietojärjestelmien määrä	Keskenään yhteentoimimattomia tietojärjestelmiä on huomattava määrä sekä yritysten sisällä että niiden välillä, yhteisiä standardeja löytyy vain harvoin	Tiedonkulku järjestelmien välillä vaikeaa eri standardien ja tiedostoformaattien välillä ja tieto pitää usein siirtää manuaalisesti järjestelmästä toiseen	Eri tietolähteiden ja tiedostoformaattien esittäminen yhdessä AR-sovelluksessa haasteellista sujuvan vuorovaikutuksen näkökulmasta
Tietojärjestelmien rajapinnat	Järjestelmärajapinnat ovat pääsääntöisesti suljettuja, mutta ne ovat kehittymässä avoimempaan suuntaan	AR-sovellusten on vaikea saada reaaliaikaista tietoa eri järjestelmistä työntehtävien tueksi	Vain osa vuorovaikutustilanteista voidaan hoitaa AR:n avulla, jos ratkaisulla ei päästä käsiksi kaikkeen työtehtävien kannalta olennaiseen informaatioon
Kiinteistökannan heterogeenisuus	Osassa kiinteistöistä on saatavilla erilaista digitaalista informaatiota, kun taas varsinkin vanhemmista kiinteistöissä ei usein ole saatavilla minkäänlaista digitaalista informaatiota	Yritykset joutuvat ylläpitämään päällekkäisiä toimintatapoja kiinteistön digitalisaatioasteesta riippuen eli AR-ratkaisuja voidaan hyödyntää tehokkaasti vain osassa kiinteistöistä	Vain osassa vuorovaikutustilanteita voidaan hyödyntää AR-ratkaisuja

#### 5.1.4. Lisäarvon todentaminen

Yritykset pitivät ongelmana lisäarvon selvää toteen näyttämistä ja kehityshankkeiden kustannuksien oikeutusta lisätyn todellisuuden ratkaisujen suhteen. Ansaintalogiikan selvä esittäminen saattaa olla vaikeaa etenkin kiinteistöjen käyttäjille tarjottavien uusien palveluiden kontekstissa. Kiinteistöjen ostajien haluttomuutta maksaa kiinteistön ostohetkellä paremmasta ja tehokkaammasta huolto- ja ylläpitoratkaisusta pidettiin myös rajoittavana tekijänä toiminnan kehittämiseksi.

*”Kukaan kiinteistöomistaja tai rahastosalkkujen haltija ei ole kiinnostunut yhtään panostamaan siihen, että mitä me tiedetään omista kiinteistöistä. Et kunhan me huolehditään niistä ja kassavirta juoksee.” –Yritys A*

Vaikka yritysten kehitysideat lisätyn todellisuuden suhteen keskittyivät pääasiassa yritysten omien sisäisten prosessien tehostamiseen, haluttiin uusien ratkaisujen ja niiden tuomien hyötyjen näkyvän selvästi myös asiakkaille.

*”Sen täytyy olla sen uuden tavan tehdä helpompaa kuin se mitenkä tehdään nykyään ja siitä täytyy olla joku hyöty sille asiakkaalle. Et se ei voi vaan olla pelkästään se, tai voi osittain olla vaan se et se sujuvoittaa sitä työtekoa, mutta tietenkin se meilläkin välillisesti tarkoittaa et asiakaskin on tyytyväisempi, kun asiat sujuu sujuvammin ja tulee vähemmän poikkeamia.” –Yritys C*

Asiakkaiden reaktioita digitalisaatioon pidettiin erittäin vaihtelevina eivätkä läheskään kaikki olleet vielä kiinnostuneita digitalisaatiosta ja lisätystä todellisuudesta kilpailuetuna.

*” [...] meil on 160 asiakasta, mä tapaan satoja joka vuosi, kun mä käyn tekemässä tarjouksia. Jos tulee vähänkään puhetta digitalisaatiosta, niin mä huomaan, että joko siitä ollaan tosi innostuneita, mikä on tosi harvoin, tai sitten siihen suhtaudutaan hyvin ylimielisesti ja sillain vähän niinku sellaisena että, no antaa nyt olla, mitä se nyt meille merkitsee?” –Yritys C*

Tietomallintamisen ja lisätyn todellisuuden vaatimaa työmäärää suhteessa siitä saatavaan lisäarvoon aiempaan digitalisaatioon verrattuna epäiltiin osassa yrityksistä. Tietomalleja pitäisi myös ylläpitää ja päivittää jatkuvasti, jos niistä halutaan irti enemmän hyötyä lisätyn todellisuuden avulla. Osa yrityksistä olikin kiinnostuneempia yksinkertaisempien ja jo pitkään muillakin toimialoilla käytössä olleiden ratkaisujen käyttöönnotosta.

*”Se lisäarvon hyödyntäminen suhteessa tehtyyn työmäärään niin se näissä on aina. Kyllä se valokuva vaan on aika kätevä, elikkäs mitä tällä mobiililla pystyy tekemään, niin siihen mä uskon.” –Yritys A*

Huoltoilmoitusten liiallisesta helpottamisesta esimerkiksi lisätyn todellisuuden avulla pidettiin toisaalta myös ongelmallisena. Mitä helpommaksi huoltoilmoitusten tekeminen tulee, niin sitä enemmän niitä uskottiin asiakkaiden tekevän ja sen nähtiin vaikuttavan negatiivisesti kiinteistöistä syntyviin kustannuksiin. Oikean tasapainon löytäminen nähtiin haasteellisena.

*”Missä se oikea rajapinta sit oikeen on, että jos se on liian vaikee niin jää tekemättä ja kiinteistö rapautuu, jos se taas on liian helppoa niin kustannukset karkaa käsistä jos korjautetaan jokaista naarmua seinässä.” –Yritys A*

*”Sitten täytyy miettiä et kuinka paljon niitä ilmoituksia tulee, jos liian helpoks tehdään se ilmoituksen tekeminen, että siinä täytyis olla joku suodatusjärjestelmä.” –Yritys D*

Lisätyn todellisuuden vaatimien tukiteknologioiden vaatimia lisäinvestointeja pidettiin myös vaikeana oikeuttaa. Esimerkiksi sisäpaikannusratkaisujen alkukustannuksia pidettiin korkeina suhteessa siitä saataviin lyhyen tähtäimen hyötyihin. Kokonaisuutena lisättyyn todellisuuteen tehtävien investointien tarkkoja hyötyjä kustannussäästöihin ja laatuun liittyen pidettiin vaikeana selvittää. Kohdeyrityksille esitettyjä lisätyn todellisuuden mahdollisuuksia pidettiin mielenkiintoisina, mutta ratkaisujen realistisen käyttöönoton nähtiin olevan vielä muutaman vuoden päässä niiden vaatimien uusien laitteiden ja nykyisen laitekannan hitaan uusiutuvuuden vuoksi.

Alan kovan kustannuskilpailun vuoksi yritykset eivät myöskään helposti lähde tekemään uusia investointeja tietoteknisiin ratkaisuihin ilman selvästi osoitettavia hyötyjä. Osa yrityksistä oli miettinyt lisätyssä todellisuudessa hyödynnettävien älylasien hankkimista, mutta pääasiassa yritykset halusivat hyödyntää olemassa olevaa älypuhelimien laitekantaa. Tämä käytännössä rajaa potentiaalisesti hankittavat lisätyn todellisuuden ratkaisut vain älypuhelimilla hyödynnettäviin sovelluksiin.

*”Meillähän on visioissa se seikka et me pystyttäis tällaisten lasien kautta missä on sellainen kamera tai sellaiset silmälasit, joissa tähän eteen tulee lukulaite, jolla sä voit katsella. Mut mä itse olisin hirveen kiinnostunut juuri siitä et miten me tällaisella mobiililaitteella voidaan katsella sitä ympäristöä ja jos se pystyy tästä asennosta ja suunnasta määrittelemään et mitä mä niinku kattelen.” –Yritys B*

Älypuhelimille suunnattujen lisätyn todellisuuden sovellusten hyödyntäminen lisää kuitenkin potentiaalisen käyttäjänkunnan määrää merkittävästi harvinaisempiin HMD-laitteisiin verrattuna.

*”Joo ku me ollaan tosiaan ajateltu et se käyttöliittymä on se älypuhelin, koska se puhelin on kaikilla. Ja jossakin isommissa kohteissa voi tietysti olla ku meil on siellä jo nyt läppäreitä mut ei se läppäri toisaalta kulje mukana mut se puhelin kulkee mukana.”*

–Yritys C

Tiettyjä uusia laitteita oltiin kuitenkin valmiita hankkimaan, kunhan ne helpottavat työntekoa. HMD-laitteiden soveltuvuus kiinteistö- ja rakennusalan toimintojen eri osalualueilla vaihtelee merkittävästi ja varsinkin työpäivän aikana paljon liikkuvien työntekijöiden parissa älypuhelimia pidettiin sopivimpina laitteina lisätyn todellisuuden hyödyntämisessä. Yritysten henkilöstön älypuhelimia uusittaessa tulisikin miettiä hankittavien laitteiden soveltuvuutta ja valmiuksia lisätyn todellisuuden hyödyntämisessä. Taulukossa 5 on esitetty uusiin lisätyn todellisuuden ratkaisuihin tehtävien investointien ja niiden lisäarvon todentamiseen liittyvät haasteet.

**Taulukko 5.** Yhteenveto lisäarvon todentamisen haasteista

Haaste	Kuvaus	Vaikutus AR:n käyttöönottoon yleisesti	Vaikutus AR:n vuorovaikutteisuuden näkökulmasta
Lisäarvo sisäisissä prosesseissa	AR-ratkaisujen hyötyjen todentaminen yrityksen sisäisissä prosesseissa on haasteellista hyötyjen mittaamisen työläyden ansiosta	Investointeja AR-teknologioihin vaikea perustella, koska dataa toteutuneista hyödyistä ei vielä ole saatavilla runsaasti	AR:n mahdollistamien uusien vuorovaikutuskeinojen vaikutusta tehokkuuteen ja kustannuksiin voi olla vaikea kartoittaa tarkasti
Lisäarvo uusissa palveluissa	Asiakkaiden valmiudesta käyttää ja maksaa uusista AR-palveluista ei ole varmuutta	Uusien palveluiden kehittäminen riskipitoista, koska ei voida olla varmoja siitä, että alkavatko asiakkaat oikeasti käyttämään uusia AR-ratkaisuja	Uusien vuorovaikutuskeinojen mahdollistaminen asiakkaille ei takaa sitä, että asiakkaat oikeasti hyödyntävät niitä

### 5.1.5. Ratkaisujen yhteiskehittäminen

Yritykset näkivät oikeana lähestymistapana pienten ratkaisujen nopean käyttöönoton ja niiden muuttamisen käyttökokemusten perusteella. Ratkaisujen haluttiin kuitenkin olevan mahdollisimman helposti laajennettavissa tulevaisuudessa ja tämän varmistaminen on haasteellista. Suurien, monia eri järjestelmiä ja tietokantoja hyödyntävien lisätyn todellisuuden ratkaisujen kehittämisen ei kuitenkaan nähty pääasiassa olevan järkevää tällä hetkellä.

*”Se oli kyllä ihan oikea ratkaisu et lähdetään pienistä palikoista, ensin se keskuspalikka, sitten lähdetään lyömään viivaa väliin ja lisäpalikoita siihen et se on alusta alkaen tehty sen tyyppisesti et siihen pystytään tuomaan niitä palikoita” –Yritys A*

*”Ja toi nimenomaan sillai, että helpompi se on just lähteä pieninä pilotteina kokeileen ja sit saada siitä kokemusta ja lähteä siitä laajentaan.” –Yritys E*

Myös yritysten suurten asiakas- ja kiinteistömäärien vuoksi kevyillä ja yksinkertaisilla ratkaisuilla nähtiin olevan parempi todennäköisyys onnistua. Laajojen ratkaisujen käyttöönotossa piilevien riskien vuoksi niihin ei haluttu lähteä lähitulevaisuudessa.

*”Joo täs on niinku sellanen ongelma et tosiaan niitä on tuhansia niitä, kymmeniä tuhansia niitä meidän yksittäisiä asiakkaita ja kiinteistöjäkin meillä on kuutisensataa, joista me niinku huolehditään. Niin siinä on niin moninaista, tää on niinku se ongelma tässä ja musta juuri tuo idea lähteä yksinkertaisilla jutuilla liikkeelle on varmaan järkevä.” –Yritys D*

Kevyellä ja nopealla kehittämisellä nähtiin myös mahdolliseksi tutustuttaa työntekijät matalammalla kynnyksellä lisätyn todellisuuden ratkaisuihin. Myös ehdotettujen ratkaisujen suhteellista halpuutta ja olemassa olevien järjestelmien laajempaa hyödyntämistä pidettiin käyttöönottoa edistävänä tekijänä.

*”Kyllä mä itse ajattelin et mahdollisimman nopeastihan tämä täytyisi saada eteenpäin, koska nämä ei ole edes mitään kalliita ratkaisuja, mitä tässä pitäis tehdä. Käyttöliittymä on puhelin ja pilveähän meillä on nytenkin käytössä jo kaikkien erilaisten aktiviteetteihin meillä.” –Yritys C*

Kiinteistö- ja rakennusalan yrityskanta on keskittynyt pieniin ja keskisuuriin yrityksiin. Verkostomainen toimintatapa vaikeuttaa minkään yhden yhteisen järjestelmän käyttöönottoa koko verkostossa, koska harvalla yrityksellä on niin paljon painoarvoa, että ne pystyisivät pakottamaan tai kannustamaan muita yrityksiä ottamaan käyttöön joitain tiettyjä standardeja tai yhteisiä järjestelmiä. Ratkaisujen luominen yhteiskehittämisen keinoin nähtiin yhtenä tarpeena lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönotossa. Tämä nähtiin kuitenkin haasteellisena yritysten siiloutumisen ja historiallistesti vähäisen avoimen yhteistyön vuoksi. Useasti vaihtuvat alihankkijaverkostot asettavat myös haasteita pitkäkestoisen ja avoimen yhteistyön aloittamiselle.

*”Se ois niinku hirveen hyvä, jos kaikki tollaset propellipäät saatais yhteen tämmösten pk-yritysten kanssa ja nimenomaan se, että pystyis luomaan sellaisen avoimen,*

*luottamuksellisen ilmapiirin siihen, että kukaan ei oo semmosissa omissa poteroissaan.” –Yritys C*

Yrityksen mahdollisuudet tuoda lisätyn todellisuuden teknologioita käyttöön yhteistyöverkostoissaan riippuvat merkittävästi sen valta-asemasta suhteessa muihin verkoston toimijoihin. Suuremmat ja keskeisessä asemassa olevat yritykset voivat omalla päätöksellään käytännössä tuoda myös muita toimijoita yhteiskehittämään ratkaisuita. Tämä asettaa kuitenkin kyseenalaiseksi sen, kuinka halukkaita muut pienemmät toimijat ovat oikeasti osallistumaan uusien ratkaisujen yhteiskehittämiseen.

*”Mä uskoisin kyl et se motivaatio siihen, jos lähdetään jotain tämmöstä ajamaan läpi siellä niin ei oo kyse siitä et meneekö se läpi vai ei vaan se niinku tapahtuu.” –Yritys E*

Yhteenveto kiinteistö- ja rakennusalan lisätyn todellisuuden ratkaisujen yhteiskehittämiseen liittyvistä haasteista on esitetty taulukossa 6.

**Taulukko 6.** Yhteenveto ratkaisujen yhteiskehittämisen haasteista

<b>Haaste</b>	<b>Kuvaus</b>	<b>Vaikutus AR:n käyttöönottoon yleisesti</b>	<b>Vaikutus AR:n vuorovaikutteisuuden näkökulmasta</b>
Yhteiskehittämisverkoston luominen	Verkostomaisen toimintatavan vuoksi AR-ratkaisuja tulisi kehittää yhteisesti kiinteistön koko elinkaarelle, jotta niistä saataisiin mahdollisimman paljon hyötyä	Vaatii paljon panostuksia luottamuksen rakentamiseen eri kokoisten ja eri asemassa olevien toimijoiden välille, merkittävä käyttöönoton este alkuvaiheessa	Vuorovaikutustilanteet eri yritysten työntekijöiden välillä haasteellisia yhteisten toimintatapojen puutteen vuoksi
AR-ratkaisujen kehittäminen nopeasti ja kevyesti	Yritykset halusivat kehittää ratkaisuja mahdollisimman kevyesti nopeilla käyttönoteilla	Laajennettavuus ja kokonaisuudenhallinta haasteellista AR-ratkaisujen kannalta	Uusien toiminnallisuuksien tuominen AR-ratkaisuihin vaatii työntekijöitä opettelemaan jatkuvasti uusia vuorovaikutustekniikoita
Työkohteiden suuri määrä	Kiinteistö- ja rakennusalan työntekijät sijoittuvat monenlaisiin eri kiinteistöihin	AR-ratkaisujen toimivuuden varmistaminen kiinteistöstä riippumatta on työlästä	Työntekijöiden hyödynnettävä erilaisia vuorovaikutustekniikoita kiinteistöstä riippuen

## 5.2. Mahdollisuudet

Haastatteluiden aikana kävi ilmi, että vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönottoon liittyvät mahdollisuudet liittyivät osittain myös toimialan yleisiin kehityslinjoihin ja niiden tuomiin mahdollisuuksiin. Tutkimuksessa lähdettiin aluksi kartoittamaan lisätyn todellisuuden vuorovaikutteisuuteen liittyviä mahdollisuuksia, mutta myös digitaalisten ratkaisujen käyttöönottoon toimialalla yleisesti liittyvät tekijät osoittautuivat myös tärkeiksi. Tulososiossa tunnistettuja mahdollisuuksia on siis tarkasteltu sekä käyttöönoton että vuorovaikutteisuuden näkökulmasta.

### 5.2.1. Digitalisaation ja tietomallintamisen luomat mahdollisuudet

Yritykset näkivät lisätyn todellisuuden mahdollisuutena sekä yritysten sisäisten prosessien tehostamisessa että uusien palveluiden kehittämisessä asiakkaille. Lisättyä todellisuutta ei haluttu ainoastaan yksittäiseksi ratkaisuksi vaan osaksi laajempaa digitalisaatiostrategiaa. Digitalisaation tuleminen myös kiinteistö- ja rakennusosalalle nähtiin väistämättömänä, vaikkakin kehityksen eteneminen nähtiin hitaana. Valmiuksien kehittäminen digitalisaation ja lisätyn todellisuuden hyödyntämiseen nähtiin haastatteluissa selvänä teemana.

*”[...] meillä pitäisi olla valmiudet, että millä tahansa tavalla se tulee, niin me pystytään aika nopeasti omaksumaan se asia sitten ja ottamaan se osaksi meidän prosesseja, toimintatapoja ja järjestelmää.” –Yritys C*

Haastateltavien mukaan aiempien digitalisaatiohankkeiden oli jo nähty säästävän aikaa eri työtehtävissä ja mahdollistaneen liiketoiminnan kasvattamisen. Aiempi digitalisaatio toimii myös lisätyn todellisuuden näkökulmasta perustana, jonka päälle sovelluksia voidaan toteuttaa helpommin. Lisätyn todellisuuden potentiaali nähtiin erityisesti informaation välityksessä. Maailmanlaajuisesti vertailtuna suomalaisten kiinteistöjen digitalisaatioastetta pidettiin korkeana varsinkin uusissa kiinteistöissä ja merkittävänä mahdollistajana sen päälle rakennettaville ratkaisuille.

*”Suomi on erittäin älykäs, erittäin digitalisoitunu maa kiinteistöautomaation puolella. Me emme vaan niinku tajua täällä sitä. Mekin täällä vähän mussutellaan näistä nyt mut missään muussa maassa ei ole näin hyviä edellytyksiä rakentaa jotain uutta niinku Suomessa. Tämä infra on täällä vaan omaa luokkaansa.” –Yritys B*

Sisäpaikannusteknologioiden kehittyminen nähtiin myös kriittisenä mahdollistajana kiinteistöjen sisätiloissa toteutettavissa sovelluksissa, kuten lisätyn todellisuuden ratkaisuisa. Sen nähtiin mahdollistavan täysin uudenlaisten liiketoimintaprosessien ja toimintatapojen käyttöönoton toimialalla.



*”Tämä sisäpaikannus on ainakin yks niistä reunaehdoista et se avaa hirveästi kaikkea erilaisia mahdollisuuksia.” –Yritys B*

Yhtenä ideana pidettiin tiedon keräämistä ja raportoimista asiakkaiden kiinteistöistä muun työn ohessa, sillä huolto- ja siivousyritysten työntekijät saattavat olla ainoita henkilöitä, jotka käyvät koko kiinteistön läpi säännöllisesti. Tämä täytyisi kuitenkin tehdä mahdollisimman helpoksi ja intuitiiviseksi työntekijöille.

*” Se mitä me ollaan ajateltu et ikään kuin semmoinen tiedon kerääminen ja poikkeamista ilmoittaminen, mitkä ei sinänsä mitenkään kuulu siihen meidän ruutuun, mutta meidän siivooja on kuitenkin se, joka menee jonkin kiinteistön läpi jollain aikavälillä, on se sit kerran päivässä tai kerran kuukaudessa, ni kokonaan lattiasta kattoon. Se voi olla ainut ihminen joka käy kaikissa tiloissa, kaikissa kerroksissa ni mitä kaikkea se voisi sieltä raportoida ilman että sen täytyy ottaa kantaa siihen et onks tää nyt järkevä raportointi vai ei, vaan että sille tulisi tapa kerätä tietoa joka voisi sitten hyödyttää sitä asiakasta sen oman työn ohella. Ei meistä mitään tiedon analysoijia ole tulossa eikä muuta, mutta voitaishan me kerätä tietoa.” –Yritys C*

Kuvaillun kaltainen tiedon kerääminen ja raportointi toimisi varsinkin sellaisissa kiinteistöissä, joista on saatavilla rakennuksen tietomalli, johon tehdyt huomiot voitaisiin liittää suoraan kiinteistön oikeaan kohtaan. Erilaisten uusien paikkatietoa hyödyntävien ratkaisujen hyödyntäminen nähtiin myös mahdollisena tämänkaltaisen toiminnan edistämisessä. Kysynnän kuvaillun kaltaisille palveluille uskottiin mahdollisesti tulevan tulevaisuudessa suoraan asiakkailta, jolloin yrityksillä täytyy olla valmiuksia vastata tähän kysyntään.

*” [...] todennäköisesti alkaa tulemaan jossain vaiheessa sellaisia tarjouspyyntöjä, ku sulla täytyy olla joku tietty valmius välittää tietoa tai kerätä tietoa tai mitä hyvänsä. Sit jos sulla ei oo ni sä et voi tehdä sitä tarjousta, sä oot sit ulkona siitä. Että jos mietitään kaikkia näitä uusia kiinteistöjä, kuinka paljon niihin rakennetaan jo siihen kiinteistön sisään erilaista tietoa, minkä jonkun on nyt pakko kerätä jossain kohtaa.” –Yritys C*

Rakennusten tietomallintamisen ja sitä hyödyntävän lisätyn todellisuuden ratkaisujen potentiaalia pidettiin huomattavana, mutta haasteellisena varsinkin kiinteistöjen heterogeenisyyden vuoksi. Kiinteistön ylläpidossa toimivat yritykset ovat myös pitkälti riippuvaisia rakennusalan halukkuudesta panostaa rakennusten tietomallintamiseen.

*”Tämmöseenhän oon joskus tutustunu, oli nää lasit ja sitten siel oli tavallaan jo suunnitteluvaiheessa tehty ne tietomallit eli mä menin johonkin tilaan ni mä näin missä ne putket menee siellä seinän sisällä. Ni sehän ois niinku ideaali, mut siihen on pitkä matka kyllä vielä varsinkin vanhoissa kiinteistöissä.” –Yritys D*

Yritykset olivat toistaiseksi kohdanneet vielä suhteellisen harvoin kiinteistöjä, joista olisi saatavilla rakennusten tietomalleja tai IoT-laitteita muiden ylläpitoyritysten hyödynnettäväksi ja niitä pidettiin olennaisempina suurempiin kaupallisiin kiinteistöihin ja asukasprofiililtaan nuorempiin asukkaisiin keskittyneiden yritysten toiminnalle.

*”Yleensä just noihin liikekeskuksiin liittyvää [BIM] ja sit tietenkin on, veikkaisin että joku TOAS ku rakentaa jonku seuraavan talon ni sielläkin on kaikennäköstä et sen ikäinen porukka tietenkin pystyy hyödyntämään.” –Yritys D*

Lisätyllä todellisuudella nähtiin myös potentiaalia erilaisten tietomallinnettujen suunnitteluvaihtoehtojen esittelemisessä asiakkaille käyttäjien oikeassa kontekstissa ja esiteltujen vaihtoehtojen nopeassa vertailussa.

*”Ei tarvii tehdä enää koneella 3D-suunnitelmia tai sen voi suoraan sieltä näyttää tabletilla kohteessa et ”Ai sä et halunnukkaan tällasta” niin no otetaan ne pois ja laitetaan tosta toinen tilalle.” –Yritys D*

Rakennusten tietomallintamisen raskautta pidettiin kuitenkin ongelmana lisätyn todellisuuden ratkaisujen käytössä. Yritykset olivatkin vielä odottavalla kannalla tietomallintamisen käyttöönoton suhteen eivätkä yritykset nähneet itse voivansa edistää tietomallintamisen yleistymistä kiinteistön elinkaaren loppupäästä. Rakennusten tietomallien tulee myös kehittyä selvästi kevyempään suuntaan, jotta ne vastaavat paremmin yritysten tarpeisiin ja käytössä olevan laitekannan suorituskykyyn. Tietomallien standardisointia ja ajantasaisuutta tulee myös ylläpitää määrätietoisesti, jotta niistä on hyötyä myös jatkossa. Taulukossa 7 on esitetty yhteenveto digitalisaation ja rakennusten tietomallintamisen lisätylle todellisuudelle luomista mahdollisuuksista.

**Taulukko 7.** Yhteenveto digitalisaation ja tietomallintamisen luomista mahdollisuuksista

Mahdollisuus	Kuvaus	Hyöty AR:n käyttöönotosta yleisesti	Hyöty AR:n vuorovaikutteisuudesta
Rakennusten tietomallintamisen yleistyminen	BIM-mallien hyödyntäminen yleistyy kiinteistö- ja rakennusalaalla jatkuvasti	AR-sovelluksilla pystytään helpommin tarkastelemaan kiinteistöihin paikkakohtaisesti sidottua informaatiota ja tekemään siihen muutoksia	Työntekijät pystyvät helpommin vuorovaikuttamaan keskenään aiempiin analogisiin ja digitaalisiin toimintatapoihin verrattuna
Kiinteistöjen digitalisaatio	Kiinteistöjen ylläpidossa käytettäviä järjestelmiä (mm. kiinteistöautomaatio) ja IoT-laitteita hyödynnetään yhä useammin digitaalisesti	AR-sovelluksien hyödynnettäväksi on saatavilla entistä enemmän digitaalista dataa, järjestelmiä ja laitteita voidaan suoraan hallinnoida AR-sovelluksen kautta	Työntekijät pystyvät tarkastelemaan digitaalista informaatiota suoraan oikeassa käyttökontekstissa vaihtamatta huomiotaan eri järjestelmien välillä

### 5.2.2. Etäyhteistyö ja -johtaminen

Yritysten nykyiset toimintatavat keskittyivät vahvasti siihen, että kiinteistöissä käyvät työntekijät ottavat puhelimitse yhteyden työnjohtajiin ja asiantuntijoihin kohdatessaan ongelmia.

*”[...] jos se liittyy jotenkin siihen työn tekemiseen niin he yrittää todennäköisesti soittaa, sitten he joko saa kiinni sen työnjohtajan tai sitten he ei saa. Jos ne saa kiinni niin se työnjohtaja yrittää puhelimesta kertoa, että kuinka se menee, no se joko onnistuu tai ei onnistu. Jos se on joku kiireellinen juttu, niin sitten se työnjohtaja lähtee sinne ja tekee sen asian, koska se siivooja ei voi jäädä odottelemaan et ehtiikö se työnjohtaja nyt niin kuin 15 minuutin vai tunnin kuluttua sinne. Eli se on se ongelma.” –Yritys C*

Suoran videoyhteyden luominen työntekijöiden välille ja sen kautta työtehtävien opastaminen lisätyn todellisuuden ratkaisujen avulla nähtiin mahdollisena ratkaisuna, joka voisi säästää huomattavasti työntekijöiden aikaa ja nopeuttaa työtehtävien suorittamista sekä tuoda yrityksille kustannussäästöjä. Tämä nähtiin kriittisenä yritysten rajallisten resurssien vuoksi.

*” [...] meillähän on resurssi koko ajan miinusmerkkistä. Et meil ei oo todellakaan ihmisiä täällä odottamassa, että tulisi joku avoin työtehtävä. Vaan me yritetään niillä miinusmerkkisillä resursseilla selvittää siitä hommasta kaiken aikaa ni jos me pystyttäis sitä optimoimaan ni sehän olis aivan loistavaa.” –Yritys C*

Lisätyn todellisuuden vuorovaikutteisuuden nähtiin myös helpottavan tiedonkulkua ja mahdollistavan ongelmien tehokkaamman ratkaisemisen etänä. Tämän uskottiin vähentävän yritysten työntekijöiden tarvetta käydä fyysisesti paikan päällä huollettavissa kiinteistöissä.

*”Ja täs on varmaan semmoinen, että koska se on vuorovaikutteinen niin silloin, jos tulee epäselvyyttä, niin me pystytään käymään läpi ja antamaan tarkempaa ohjeistusta niin toi antaa siinä suhteessa paremmat mahdollisuudet siitä, ettei tule turhia käyntejä kiinteistöissä, koska niiden hinta pääkaupunkiseudulla on erityisen korkea.” –Yritys E*

Varsinkin matalapalkkaisemmissa työtehtävissä myös ulkomaalaistaustaisen työvoiman osuus henkilöstöstä aiheuttaa haasteita kommunikoinnissa ja yhteisten toimintatapojen muodostamisessa. Lisätyn todellisuuden ratkaisujen visuaalisuuden ansiosta myös suomen kieltä heikosti osaavien työntekijöiden opastaminen etänä nähtiin helpottuvan huomattavasti.

*”Sit välillä kun on noita työntekijöitä, tai aika paljonkin, joilla on huono suomen kieli ni niille varsinkin vaikea sanallisesti pelkästään yrittää selittää jotain kun vois vaan näyttää, että se on toi tossa.” –Yritys C*

Kaikkea ei kuitenkaan voida ratkaista etäyhteyden avulla, mutta sen avulla asiantuntijat saavat paremman käsityksen kentällä olevasta tilanteesta ja osaavat valmistautua paikan päällä suoritettaviin työtehtäviin paremmin. Tämä vähentää asiantuntijoiden turhaa liikkumista eri huoltokohteiden välillä esimerkiksi puuttuvien huoltotarvikkeiden vuoksi.

*”Plus sit et ei tarvitse erikseen käydä kattomassa et mitä varaosia siellä tarvitaan, sil ois heti kuva siitä ja jälleen ois yks vaihe vähemmän siinä. Ammattimies näkee heti et ”Jaa se on tää Oraksen pytty.”” –Yritys D*

Etäyhteistyön ja -ohjeistuksen saatavuutta matalalla kynnyksellä pidettiin kriittisenä työtehtävien suorittamisen varmistamisessa ja ongelmien mahdollisimman nopeassa ratkaisussa. Tällä hetkellä monet ongelmat jäivät hoitamatta, koska kentällä toimivat työntekijät eivät ota aina tarvittaessa yhteyttä kohdatessaan ongelmia työtehtävien aikana.

*” [...] itse asiassa se on hyvin yleistä, että joko ei osaa tehdä jotain hommaa tai käyttää jotain konetta ja se jättää sen koko homman tekemättä. Ja se ei kerro siitä kenellekään ja se tulee ilmi ehkä kolmen viikon tai kuukauden kuluttua, että miksi tota ei oo tehty.” –*

Yritys C

Ongelmana myös etätyön mahdollistamisessa on alan toimijoiden suuri määrä. Kiinteistöjen huoltoyritykset eivät saa itsenäisesti hoitaa kaikkia kiinteistön huoltoon liittyviä asioita, kuten esimerkiksi hissejä tai sähkötöitä. Näiden toimijoiden mukaan ottaminen etäyhteyden hyödyntämiseen vaatii paljon neuvottelua yhteisten toimintatapojen muodostamisessa ja järjestelmien integroinnissa. Eri toimijoiden välisellä tehokkaammalla kommunikoinnilla on kuitenkin merkittävä potentiaali toimialan tehokkuuden kehittämisessä. Kiinteistö- ja rakennusalan työtehtäviin kuuluu usein myös päivystystä, jolloin tarvittavat asiantuntijat eivät ole kustannussyistä aina saatavilla avustamaan työntekijöitä etänä.

*”Korostan vielä, että tää on vielä ihan normityöaikana ok, mutta sitten on näitä yökeikkoja päivystäjällä, johon täytyis olla niitä nauhotteita, koska se menee niinku suomalaisen työaikalainsäädännön plus sitten kustannusten kannalta mahdottomaksi et meillä on päivystäjää erilaisiin asiantuntijatehtäviin.” –Yritys D*

Etäavustus ei siis voi olla ainoa digitalisaation osa-alue, johon yritykset keskittyvät. Etäavustus on kuitenkin todennäköisesti yksinkertaisin ja nopein kehityskohde, jonka hyödyt realisoituvat nopeasti yritysten toiminnassa. Etäavustusratkaisut ovat verrattain yksinkertaisia ottaa käyttöön eivätkä ne vaadi laajoja integrointeja yritysten muiden tietojärjestelmien kanssa. Taulukossa 8 on esitetty yhteenveto lisätyn todellisuuden etäyhteistyölle ja -johtamiselle luomista mahdollisuuksista.

**Taulukko 8.** Yhteenveto etäyhteistyön ja -johtamisen mahdollisuuksista

Mahdollisuus	Kuvaus	Hyöty AR:n käyttöön otosta yleisesti	Hyöty AR:n vuorovaikutteisuudesta
Etäyhteistyö	Työntekijät voivat älypuhelimien avulla luoda välilleen videoyhteyden, johon voidaan AR:n avulla piirtää erilaisia ohjeistuksia	AR-sovelluksilla pystytään tehostamaan yhteistyötä ja vähentämään työntekijöiden turhaa matkustamista	Synkronisesti etänä tapahtuva vuorovaikutus AR:n avulla on nopeampaa ja tehokkaampaa esimerkiksi puhelinsoiittoihin verrattuna
Visuaalinen ohjeistus	AR-sovelluksissa ohjeistukset voidaan piirtää suoraan käyttäjän näkymään vuorovaikutteisesti	Työntekijät saattavat suosia AR-sovellusten mahdollistamia visuaalisia työkaluja aiempiin toimintatapoihin verrattuna	Työntekijät näkevät välittömästi toisen työntekijän antamat ohjeet oikeassa käyttökontekstissa ja pystyvät vastaamaan niihin intuitiivisesti

### 5.2.3. Tiedon paikkasidonaisuus

Lisätty todellisuus nähtiin hyödyllisenä työnteon sujuvoittamisessa ja itsenäisessä ongelmanratkaisussa käyttäjän näkymään lisätyn olennaisen informaation ansiosta. Yritysten työntekijöiden yleisimmin kohtaamat ongelmat nähtiin mahdollisena ratkaista ainakin osittain itsenäisesti paikkaan tai laitteeseen lisätyn todellisuuden avulla sidotun tiedon avulla.

*”Tuossahan on ideana se, että siinä alkuvaiheessa sinne otetaan näitä meidän erilaisia koneita, koska niissä on aina joku top-5 vikalistat, jonka työntekijät pystyisi itsenäisesti käymään läpi ennen kuin se soittaa siitä sen puhelun, että tämä kone ei toimi.”* –Yritys

C

Työsuoritteisiin liittyvien opastuksien ja mallisuorituksien löytäminen helposti paikkatiedon perusteella ajateltiin myös tehostavan työnteoa varsinkin päivystystilanteissa, jolloin asiantuntija-apua ei usein ole välittömästi saatavilla.

*No se heräs ainakin ihan tuolta käytännön tasolta ni tää asiakkaiden eli kiinteistöjen dokumentointi helpottamaan mm. huoltomiesten päivystystyötä, jos siellä ei ole se tuttu henkilö juuri tekemässä sitä työtä, mutta päivystyksessä saattaa olla semmoinen ettei oo ennen kiinteistöä nähnytkaan, joka joutuu menee sinne, ni miksi hänellä ei voisi olla joskus semmoinen mallisuoritus tehtynä, jossa näytetään miten mennään esimerkiksi hakemaan yleisavain tai tai sit joku tekninen laite, joka vaatii säännöllistä huoltoa tai aiheuttaa säännöllisin välein jonkin käyntitarpeen häiriön tai jonkin muun muodossa ja*

*se sitten saattaa olla hyvin outo tälle henkilölle, joka menee sinne. Et se, joka tuntee sen ni siitä vois tehdä niinku mallisuorituksen ja se sitten antais ohjeet valmiiksi jo mitä pitää tehdä.” –Yritys D*

Yhtenä mahdollisuutena nähtiin myös lisätyn todellisuuden ratkaisujen käytöstä kerättävä tieto, jota voitaisiin hyödyntää järjestelmien ja prosessien kehittämisessä.

*”Sitten on ajatus se, että sieltä työnohtajat näkee, että miten jotakin ohjetta on katsottu et jos sitä on katsottu vaikka sata kertaa niin todennäköisesti opastuksessa on joku ongelma tai ohje on vaikea tai mitä hyvänsä. Et se ohjaisi myös sitä työnohdon työnohtamista ja opastamista.” –Yritys C*

Lisätyn todellisuuden eräänä mahdollisuutena pidettiin sen kykyä tuoda ihmisaisteille näkymättömiä asioita käyttäjien tietoon. Tämä nähtiin olennaisena varsinkin uudenlaisten palveluiden kehittämisessä.

*”Yks mikä meillä vois olla tässä mobiilissa, et vois katsoa tästä sen huoneen lämpötilan ja katsoa et mihin haluat mennä istumaan. Se tekee näkymättömän näkyväksi.” –Yritys*

B

Kiinteistö- ja rakennusalan yrityksissä käynnissä olevan sukupolvenvaihdon vuoksi vanhojen työntekijöiden tietotaidon tallentaminen uusien työntekijöiden käytettäväksi nähtiin myös hyödyllisenä.

*”Miettikää itte, jos meette oudokseltanne outoon pihaan ajaan koneella niin varmasti ku siel on ollu joku vanha tuttu kaveri auraamassa, niinku meillä juuri jäi eläkkeelle kaks, joista ei tullu ikinä mitään narinaa, ne tiesi ne paikat ku omat taskunsa. Sitten tuleekin heti soittoja et lumet on väärässä paikassa ja joku paikka jäi auraamatta ja muuta niin voitais ihan kiinteistökohtaisesti tehdä nää et miten nää tehdään ja mihinkä kasataan.” –Yritys D*

Osa työntekijöistä ei halunnut tai kehdannut ottaa yhteyttä toiseen työntekijään kohdattuaan ongelman, jos esimerkiksi laitteen käyttö on jo kertaalleen opastettu työntekijälle. Laitteiden käyttöön liittyvien ohjeistusten löytäminen paikkasidonnaisesti nähtiin yhtenä ratkaisuna tähän ongelmaan, mutta sen lisäksi työntekijöille pitää tarjota myös muita väyliä ohjeistuksen saamiseksi.

*” [...] mä ajattelen, että osa voi ihan hyvin myös olla et on vaan joku opastusvideo, jonka voi täpätä sieltä, kun vaikka skannaa tai ottaa kuvan siitä laitteesta niin sitten se heti saman tien tulee siihen se opastusvideo. Mutta sitten voi olla, kyllähän tässä täytyy nyt ajatella se, että ihmisellä pitää olla vaihtoehtoja, kuinka hän sen informaation ja*

*sen opastuksen ottaa itselleen. Kaikille ei riitä se video, joku selviää videon kanssa ihan hyvin, joku selviää myös ihan selkokielellä ohjeilla.” –Yritys C*

Taulukossa 9 on esitetty yhteenveto lisätyn todellisuuden tiedon paikkasidonnaisuuteen liittyvistä mahdollisuuksista.

**Taulukko 9.** Yhteenveto tiedon paikkasidonnaisuuden mahdollisuuksista

<b>Mahdollisuus</b>	<b>Kuvaus</b>	<b>Hyöty AR:n käyttöön otosta yleisesti</b>	<b>Hyöty AR:n vuorovaikutteisuudesta</b>
Tiedon saatavuus ja tallentaminen käyttäjän kontekstin perusteella	AR:n avulla käyttäjät voivat päästä helpommin käsiksi työtehtävien kannalta relevanttiin informaatioon ja tallentaa uutta tietoa paikkasidonnaisesti	AR tukee työntekijöiden työtehtävien suorittamista mahdollistamalla pääsyn olennaiseen informaatioon suoraan käyttökontekstissa	AR:n paikkasidonnaisuuden avulla käyttäjien kannalta relevantti informaatio suodatettaisiin automaattisesti, mikä säästää aikaa ja vähentää virheitä vuorovaikutustilanteissa
Itsenäisen työskentelyn lisääminen	AR:n avulla työntekijät pystyisivät helpommin selvittämään työtehtäviin liittyviä ongelmia itsenäisesti	Työtehtäviin liittyvien ongelmien ratkaisu esimerkiksi AR:n avulla tarkasteltavilla yleisimpiin vikatilanteisiin liittyvillä ohjeistuksilla säästää työntekijän ja johdon aikaa	AR mahdollistaa tehokkaammat asynkroniset vuorovaikutustilanteet, kun työntekijät pystyvät löytämään muiden työntekijöiden tekemiä ohjeistuksia käyttökontekstin perusteella

#### 5.2.4. Virheiden ja työmäärän vähentäminen tiedonkulussa

Yritykset ovat kokeneet aiemman digitalisaation vähentäneen työtä erityisesti raporttien kirjoittamisessa ja manuaalisten työvaiheiden vähenemisen ansiosta myös virheiden määrät ovat laskeneet. Lisätyn todellisuuden nähtiin myös potentiaalisesti parantavan tiedonkulkua ja vähentävän virheitä tiedon keräämisen ja tallentamisen automatisoinnin ansiosta. Myös tiedon konteksti- ja paikkasidonnainen käsittely vähentää virheitä väärän tiedon käyttämisessä tai tiedon tallentamisessa väärään paikkaan.

*”Tulee tässä virheitä, kun yksinkertaisimmillaan mennään tonne 60-luvulle, että siel on taloyhtiö haluaa, että siel on tällainen vikalaatikko, johon kirjoitetaan, niin ku sanoit, johonkin kirjekuoreen tai johonkin Marlboro-askin kanteen joku ongelma ja sitten meil huoltomies käy sen hakemassa. Ensimmäinen virhe tulee siitä et sitä ei muisteta käydä kattomassa et onko sinne laatikkoon tullu mitään.” –Yritys D*



Tiedonkulussa tapahtuvilla virheillä voi myös olla suuri merkitys esimerkiksi laskutuksen onnistumisessa ja työtehtävien vastaanottamisessa. Sillä on siis suora ja merkittävä vaikutus yritysten kannattavuudelle.

*”[...] siel on kyl virhemahdollisuuksia tosi paljon, yksistään sitten kun kaveri käy tekemässä niin tuleeko ne dokumentit sitten tänne laskutukseen tai jos tulee puhelu kesken kaiken jollekin huoltomiehelle keikasta. Hän kirjoittaa sen hätäiseen siinä autolla ajaessa johonkin, jos se paperi tipahtaa siinä jarrutuksessa ja unohtuu sit koko asia. Virhemahdollisuuksia on tosi paljon ja tietysti näin ku on vastuussa tästä koko toiminnasta niin ne virheet myös et unohdetaan laskuttaa tai ei laskuteta tietoisesti tai sitten, että ei tiedetä, että pitäis laskuttaa, niin ne on huolestuttavia myöskin.” –Yritys*

D

Lisätyn todellisuuden visuaalisuuden ansiosta myös väärinymmärrykset tiedonkulussa voivat vähentyä. Tällä hetkellä kiinteistöjen ylläpidossa työskentelevät henkilöt yrittävät useimmiten ratkaista kohtaamiaan ongelmia soittamalla toiselle työntekijöille, jos he eivät selviydy niistä itsenäisesti. Ongelmien kuvailu puhelun välityksellä on erittäin altis väärinymmärryksille, sillä ongelmaa kuvaileva työntekijä ei välttämättä osaa kuvailla ongelmaa kattavasti ja häntä avustava henkilö ei aina ymmärrä selostusta oikein. Lisätty todellisuus ratkaisee molemmat ongelmat, sillä ongelmien visuaalinen esittäminen ja ohjeistusten lisääminen suoraan tarkasteltavan ongelman kontekstiin minimoivat tiedonkulussa tapahtuvia virheitä.

*”Se on muuten varmaan aika hyvä, se luotettavuus, koska tämä varmaan tuo sitä, että voi ikään kuin varmistua vähän paremmin et menikö se perille se ohjeistus vai ei koska nyt se on kyllä vähän sellaista arvailua.” –Yritys C*

Kiinteistö- ja rakennusalan henkilöstön vaihtuvuus on melko suurta. Virheiden minimoinnin kannalta onkin tärkeää, että työntekijän vaihtuessa työtehtävien ja siinä käytettävien työkalujen käytön oppiminen tapahtuu mahdollisimman helposti ja nopeasti. Tämä pätee myös lisätyn todellisuuden ratkaisuihin. Ratkaisujen helppokäyttöisyyttä painotettiin myös toimialan henkilöstön osaamistason vuoksi.

*”Nimenomaan se et kaikki maailman tieto mikä on olemassa ni se olis tossa kännykässä. Et se vaan et kuinka sen osaa hakea sieltä ja kuinka sitä osaa käyttää, siitähän se on kiinni.” –Yritys A*

Hankkeen aikana yrityksissä kokeiltu lisätyn todellisuuden sovellus nähtiin erittäin yksinkertaisena ja helppona oppia. Ratkaisujen helppokäyttöisyys on myös olennaista asiakkaiden näkökulmasta ja yritykset uskoivat uusien ratkaisujen käytön lisääntyvän, vaikka suuriin muutoksiin uskottiin kuluvan paljon aikaa.

*”[...] tavallaan sen käyttö lisääntyi koko ajan ku me tuputettais kaikissa henkilökuntalehdissä ja muissa, taikka tota asiakaslehdissä ja muissa ja meidän nettisivuilla olis, että tää on helpoin tapa hoitaa, nappaat siitä kuvan taikka jotain muuta ja se menee automaattisesti tuol et me hoidetaan jälkeen se sit. Mutta se on pitkä tie.” –Yritys D*

Taulukossa 10 on esitetty yhteenveto lisätyn todellisuuden mahdollisuuksista virheiden ja työmäärän vähentämisessä.

**Taulukko 10.** Yhteenveto virheiden ja työmäärän vähentämisen mahdollisuuksista tiedonkulussa

<b>Mahdollisuus</b>	<b>Kuvaus</b>	<b>Hyöty AR:n käyttöönotosta yleisesti</b>	<b>Hyöty AR:n vuorovaikutteisuudesta</b>
Tiedonkulun automatisointi	Digitaalisilla työkaluilla voidaan automatisoida työtehtäviin liittyvän informaation tiedonkulkua eri tietojärjestelmien välillä	AR:n avulla työnteossa säästetään aikaa tiedon tallentamiseen ja siirtämiseen liittyvien välivaiheiden vähetessä	Työntekijöiden ei tarvitse käyttää vuorovaikutustilanteissa aikaa manuaalisesta tiedonsiirrosta huolehtimiseen vaan he voivat keskittyä paremmin itse työtehtäviin
Väärinymmärrysten vähentäminen vuorovaikutustilanteissa	AR:n visuaalisuuden ansiosta työntekijöiden välisessä tiedonvaihdossa tapahtuvia virheitä on mahdollista vähentää	Yritysten kustannukset alenevat ajansäästön ja virheiden välttämisen seurauksena	Työntekijät pystyvät AR-ratkaisujen visuaalisuuden vuoksi korjaamaan mahdollisia väärinymmärryksiä nopeammin esimerkiksi puhelinsoittoon verrattuna
Työtehtävissä käytettävien työkalujen opittavuus	AR-ratkaisujen käytön opettelua pidetään helppona	Uusien työntekijöiden perehdyttäminen työtehtäviin nopeutuu	Työntekijöiden vuorovaikutustilanteet muuttuvat sujuvammiksi, kun ratkaisujen käytön oppiminen on nopeaa

### 5.2.5. Toiminnan vieminen lähemmäksi asiakasrajapintaa

Yritykset näkivät digitalisaation ja lisätyn todellisuuden mahdollistavan yrityksen toiminnan viemisen lähemmäksi asiakasrajapintaa ja muita sidosryhmiä. Tällä voidaan mahdollistaa täysin uusien palveluiden kehittäminen ainoastaan omien sisäisten prosessien kehittämisen lisäksi. Yritykset halusivat ottaa kokeiluihin mukaan myös asiakkaitaan. Yksi haastateltava yritys ajatteli muuttavansa toimintaansa merkittävästi kokeilevampaan suuntaan ja ottavansa asiakkaat aktiivisesti mukaan kokeiluihin.

Hankkeen aikana yrityksissä testatun lisätyn todellisuuden sovelluksen käytön nähtiin olevan helppo oppia, jolloin myös asiakkaat olisi mahdollista ottaa mukaan jo tässä vaiheessa.

*”[...] meillä on tavoitteena vähän se et me voitais olla sellainen elävä laboratorio siellä meidän asiakkaiden luona. Ja yhdessä sen asiakkaan kanssa sopia et hei kokeillaan tämmöistä [...] Asiakas olis siinä mukana, ei niin et siellä vaan kokeillaan jotain piilossa asiakkaalta et ei nyt kerrota mitä tehdään.” –Yritys C*

Asiakkaiden mukaan ottamisessa yrityksen prosesseihin nähtiin ongelmana asiakkaiden merkittävä heterogeenisyys. Osalla kiinteistöjen käyttäjistä on jo käytössä uusia älypuhelimia, joita he ovat myös valmiita käyttämään. Toisaalta erityisesti vanhempien asiakkaiden valmiuteen käyttää uutta teknologiaa itsenäisesti suhtauduttiin epäillen. Tämä pakottaisi yritykset rakentamaan osittain rinnakkaisia järjestelmiä ja toimintatapoja esimerkiksi kiinteistöjen huoltopyyntöjen jättämiseen. Yritysten pitäisi toisaalta pitää vanhat ilmoituskanavat vielä käytössä kiinteistöjen vanhemman käyttäjäkunnan hyödynnettävänä ja niille käyttäjille, jotka ovat valmiita omaksumaan uusia teknologisia ratkaisuja tulisi tehdä mahdolliseksi niiden hyödyntäminen. Tämä saattaa lyhyellä tähtäimellä lisätä yritysten henkilöstön työmäärää, sillä siirtymäaika uuden teknologian kattavaan käyttöönottoon voi venyä erittäin pitkäksi.

Kiinteistöjen käyttäjien opastaminen kiinteistön käyttöön nähtiin mahdollisena sovelluskohteena lisätylle todellisuudelle, koska yritysten kokemusten mukaan hyvin harva asukkaista lukee paperisia ohjeita.

*”Se opettaminen, ni mä näen et siinä ois enemmän tällaisesta AR:stä hyötyä, kun eihän ketään lue sitä kodin kansiota vaan se kodin kansio pitäisi vääntää tällaiseen VR/AR – tyyppiseen muotoon et otanpa kännykästä esiin jonkun asian, että miten tää toimii.” – Yritys A*

*”Mehän tehtiin sillai, ku meillä oli noita ohjeita tekstinä ni eihän niitä kukaan luku ja niistä tehtiin videoita. Esimerkiksi miten sä avaat, tai sulatat jääkaapin ja miten sä vaihdat sulakkeen tai muuta vastaavaa.” –Yritys E*

Yritykset ovat siis jo vieneet asukkaille suunnattua viestintää digitaalisempaan suuntaan ja lisätty todellisuus nähtiin keinona asukkaille löytää ja hyödyntää näitä luotuja resursseja. Lisätyn todellisuuden hyödyntämisen valmiudet vaihtelevat merkittävästi eri yritysten asiakasryhmien välillä. Esimerkiksi nuorille opiskelijoille uuden teknologian käyttöönotto nähtiin merkittävästi helpompana muihin väestöryhmiin verrattuna.

*”[...] täytyy muistaa et meidän asiakaskunta on erilaista kun normaalin vuokra-asunnon asiakaskunta kun meillä on diginatiiveja kaikki, tietty ikäryhmä ja valmiudet*

*tosi hyvät, älykästä porukkaa asunnoissa, ni meil on ihan eri mahdollisuudet tossa niinku lyödä läpi semmoinen asia mikä on uutta.” –Yritys E*

Kiinteistön käytön opastusta lisätyn todellisuuden avulla ei nähty vain yritysten ja käyttäjien välisenä toimintona vaan potentiaalia nähtiin myös asukkaiden välisessä suorassa vuorovaikutuksessa.

*”Varmaan semmoinenkin yleistyisi, että kun joku asukas oppii ni sit jos jollain toisella on et hei mä tiedän sen, meil oli toi sama et hän näyttää sulle. Ja sit se voi käydä semmonen et siel tulee tämmöstä vertaisoppimista, mikä ei taas näy täällä, mut voi tulla sellaista vertaisoppimista ja -tukea et se on helppo vaihtaa ja kysyy sieltä, hän näytti videolt ni et tulee niinku tämmösii tilanteita tai sit se on useimmiten myös sekin tilanne et jos se on tommonen vähän uudenvuodenlainen tapa mitä on kokeiltavissa niin sitä myös puhutaan eteenpäin.” –Yritys E*

Taulukossa 11 on esitetty yhteenveto keskeisimmistä lisätyn todellisuuden mahdollisuuksista viedä yritysten toimintaa lähemmäksi asiakasrajapintaa.

**Taulukko 11.** Yhteenveto toiminnan viemisen lähemmäksi asiakasrajapintaa luomista mahdollisuuksista

<b>Mahdollisuus</b>	<b>Kuvaus</b>	<b>Hyöty AR:n käyttöön otosta yleisesti</b>	<b>Hyöty AR:n vuorovaikutteisuudesta</b>
Asiakkaiden ottaminen mukaan prosesseihin	AR:n avulla kiinteistö- ja rakennusalan yritykset voivat hyödyntää maantieteellisesti hajanaisesti sijaitsevia asiakkaitaan tehokkaammin yrityksen toiminnassa	Asiakkailta saadaan tarkempia tietoja heidän tarpeistaan ja ongelmistaan madaltamalla asiakkaan ilmoituskyynnystä	Asiakkaat kokevat, että heidän tarpeisiinsa vastataan tehokkaammin ja välittömämmin AR:n visuaalisuuden ansiosta
Asiakkaiden itsenäisen ongelmanratkaisun edistäminen	Kiinteistö- ja rakennusalan yritykset voivat mahdollistaa asiakkaiden välisen vuorovaikutuksen tarjoamalla heille AR:ää hyödyntäviä digitaalisia alustoja	Osa yritysten työtehtävistä voidaan siirtää asiakkaille, esimerkiksi asunnon yksinkertaiset huoltotehtävät voitaisiin osittain ratkaista asukkaiden kesken	Asiakkaat saattavat hyödyntää AR-ratkaisuja todennäköisemmin keskinäisissä vuorovaikutustilanteissaan AR:n visuaalisuuden sekä uutuusarvon vuoksi

## 6. POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä luvussa pohditaan tutkimuksen empiirisen osion tulosten merkitystä ja peilataan niitä tutkimuksen teoriaosioon. Tämän jälkeen esitellään tutkimuksen johtopäätökset ja tarkastellaan, miten tutkimuksen tutkimuskysymyksiin onnistuttiin vastaamaan. Lopuksi arvioidaan vielä tutkimuksen onnistumista sekä listataan mahdollisia aiheeseen liittyviä jatkotutkimusehdotuksia.

### 6.1. Pohdinta

Tutkimuksen empiirisen osion tulokset vastaavat pitkälti tutkimuksen ensimmäisessä osiossa tehdyn teoriakatsauksen löydöksiä. Lisätty todellisuus on laaja kokonaisuus, johon kiinteistö- ja rakennusalan konteksti tuo omat mahdollisuutensa ja haasteensa. Lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönotto alkaa kuitenkin olla ajankohtaista myös kiinteistö- ja rakennusosalalla. Teknologia alkaa nyt olla kehittynyt sille tasolle, että työntekijät voivat välittömästi hyödyntää tiettyjä lisätyn todellisuuden ratkaisuja työtehtävissään.

#### 6.1.1. Vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden teknologioiden käyttöönotto yksittäisessä kiinteistö- ja rakennusalan yrityksessä

Kiinteistö- ja rakennusalan yritysten kiinnostus painottui selvästi yksittäisten työntekijöiden välisen etänä tapahtuvan synkronisen vuorovaikutuksen tehostamiseen vuorovaikutteisilla lisätyn todellisuuden ratkaisulla. Nämä kehitystoimet keskittyvät yritysten sisäisiin prosesseihin. Tarve etätyöskentelyn kehittämiseksi kävi selvästi ilmi haastatteluiden aikana työntekijöiden suuren liikkuvuuden ja vanhentuneiden toimintatapojen vuoksi. Lisätyn todellisuuden hyödyllisyys etäyhteistyöskentelyn tehostamisessa on tuotu esille myös kirjallisuudessa (ks. esim. Billingham et al. 2015; Lukosch et al. 2015). Sekä yritysten että asiakkaiden väliset vuorovaikutustilanteet tulevat todennäköisesti yleistymään vasta, kun lisätyn todellisuuden ratkaisut ovat kehittyneet selvästi nykyistä halvemmiksi ja kun ne ovat yleistyneet riittävästi myös kuluttajamarkkinoilla.

Lisätyn todellisuuden etäavustuksessa käytettävien ratkaisujen visuaalisuuden ja vuorovaikutteisuuden ansiosta työntekijöiden yhteistyö todennäköisesti nopeutuu ja väärinymmärryksistä johtuvat virheet vähenevät aiempaan pääasiassa puhelinsoittojen välityksellä tapahtuvaan vuorovaikutukseen verrattuna. Lisätyn todellisuuden etäavustusratkaisujen etuna on myös se, että niitä ei tarvitse alkaa integroimaan

yritysten muihin tietojärjestelmiin vaan niitä voidaan käyttää irrallisina työkaluina korvaamaan tavallisesti puhelinsoiton välityksellä tapahtuvaa vuorovaikutusta.

Haastatteluiden ja teoriakatsauksen perusteella lisätyn todellisuuden ratkaisut hyödyntävät käytännössä ainoastaan näkö- ja kuuloaistia eikä varsinkaan haju- ja makuaistien hyödyntämistä ole vielä vakavasti pohdittu. Lisätyn todellisuuden etäavustusratkaisujen hyödyntämisen videoyhteyden ansiosta työntekijät saavat välittömästi selvän ymmärryksen toisen työntekijän tilanteesta ja työn alla olevasta kohteesta. Nämä ratkaisut hyödyntävät sekä näkö- että kuuloaistia, joka tehostaa synkronista etänä tapahtuvaa vuorovaikutusta aiempiin toimintatapoihin verrattuna. Puhelinsoiton avulla tapahtuvassa vuorovaikutuksessa käyttäjien yhteisymmärryksen varmistaminen on selvästi haasteellisempaa, koska siinä nojataan vain kuuloaistiin.

Etäyhteistyöratkaisut ovat myös suhteellisen edullisia, koska ne ovat jo valmiita ratkaisuja eikä niitä tarvitse rakentaa alusta asti. Niiden kustannushyödyt realisoituvat myös verrattain nopeasti työntekijöiden säästäessä aikaa turhan liikkumisen vähentyessä ja kommunikaatiossa tapahtuvien virheiden määrän laskiessa. Niiden avulla ongelmat pystytään ratkaisemaan usein joko suoraan etänä tai vähintäänkin kun työntekijä lähtee itse paikan päälle, on hän paremmin varautunut tuleviin työtehtäviin. Ne eivät myöskään useimmiten vaadi suuria investointeja uusiin laitteisiin vaan työntekijöillä tällä hetkellä käytössä olevat älypuhelimet ovat pääosin riittäviä näiden ratkaisujen hyödyntämiseen. Tämä madaltaa selvästi lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönoton kynnystä, kun työntekijöiden ei tarvitse alkaa ottaa käyttöön uusia HMD-laitteita, joita ei vielä pidetä sosiaalisesti hyväksyttävänä mobiililaitteisiin verrattuna. HMD-laitteet vaatisivat myös työntekijöiltä uusien vuorovaikutustekniikoiden opettelua, kun taas älypuhelin on useimmille laitteena erittäin tuttu. Tehostuneen etäyhteistyön avulla kiinteistöjen huoltotarpeet pystytään myös hoitamaan entistä nopeammin, jolloin hoitamattomien ongelmien kiinteistöille ajan myötä aiheuttamat kustannukset vähenevät ja asiakastytytyväisyys lisääntyy.

Kiinteistö- ja rakennusalan henkilöstö liikkuu työpäivänsä aikana tavallisesti paljon, joten lisättyä todellisuutta hyödyntävien laitteiden tulee siis olla mobiileja. Tämän vuoksi älypuhelimet tulevat muodostumaan tärkeimmiksi laitteiksi, joilla vuorovaikutteista lisättyä todellisuutta tullaan hyödyntämään kiinteistö- ja rakennusalalla. Tämä kehityssuunta pätee myös lisätyn todellisuuden ratkaisuihin yleisemmin (Bimber & Raskar 2005; Siljamäki 2010), mutta se näkyy erityisesti kiinteistöjen huolto- ja ylläpitoyritysten työtehtävissä, jotka eivät sisällä merkittävästi esimerkiksi useita henkilöitä käsittäviä suunnittelutehtäviä, joissa käsitellään kolmiulotteisia tietomalleja samassa tilassa.

HMD-laitteiden ja projektionäyttöjen käyttökohteet löytyvät kiinteistö- ja rakennusalalla toistaiseksi pääasiassa rakennusten suunnittelun alueelta, jossa niitä

voidaan hyödyntää samassa paikassa tapahtuvan synkronisen vuorovaikutuksen tehostamiseen. Pidemmällä tulevaisuudessa, jolloin nämä laitteet ovat muuttuneet suorituskykyisemmiksi ja niin huomaamattomimmiksi, että ne kulkevat sujuvasti työntekijöiden mukana, niiden käyttökohteiden määrä tulee mahdollisesti laajenemaan myös kiinteistöjen huollon ja ylläpidon toimintoihin. Niiden etuna älypuheliin nähden on siinä, että ne jättävät esimerkiksi huoltomiehen molemmat kädet vapaiksi työtehtävien suorittamiseen.

Yritysten tulee seurata mobiililaitteiden teknologista kehitystä lisätyn todellisuuden hyödyntämisen näkökulmasta ja laitteita uusittaessa perehtyä siihen, kuinka hyvin ne tukevat uusimpia lisätyn todellisuuden teknologioita ja miten ne soveltuvat uusien lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöön. Lisätyn todellisuuden ratkaisujen käytön opettelu on myös verrattain helppoa, joka on tärkeää kiinteistö- ja rakennusalan henkilöstön verrattain alhaisen koulutustason sekä tietoteknisten laitteiden käytön osaamistason vuoksi. Myös henkilöstön suuri vaihtuvuus aiheuttaa haasteita yhteisten toimintatapojen omaksumisessa. Käytön opettelu on kuitenkin nähty tieteellisessä kirjallisuudessa lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönottoa helpottavana tekijänä (Martinez et al. 2014). Yritysten sisäisen toiminnan lisäksi tällä on merkitystä, jos yritykset haluavat ottaa asiakkaitaan enemmän mukaan prosesseihinsa. Uusien ratkaisujen hyödyntämien vuorovaikutustekniikoiden tulee tällöin olla mahdollisimman helposti opittavissa. Yritysten tulee kuitenkin ensin tutkia tarkkaan asiakkaidensa valmiudet sekä halukkuus ottaa käyttöön uusia digitaalisia ratkaisuja.

### **6.1.2. Vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden teknologioiden laajempi käyttöönotto kiinteistö- ja rakennusallalla**

Yksittäisellä yrityksellä ei ole kiinteistö- ja rakennusalan kontekstissa merkittäviä mahdollisuuksia tuoda oma-aloitteisesti käyttöön laajempia lisätyn todellisuuden ratkaisuja. Varsinkin kiinteistöjen ylläpidossa toimivat yritykset ovat pitkälti riippuvaisia kiinteistön elinkaaren aikaisemmissa vaiheissa toimivien yritysten sekä asiakasyritystensä digitaalisiin ratkaisuihin liittyvistä päätöksistä. Lisätyn todellisuuden ratkaisuvaihtoehtoja rajoittavat kiinteistökannan heterogeenisyyteen ja omistajuuteen liittyvät tekijät. Kiinteistöjen dataan pääsyssä on vaikeuksia rajapintaongelmien ja kiinteistöjen hajautuneen omistuksen vuoksi. Esimerkiksi huoltoyrityksen pitäisi aina erikseen neuvotella kiinteistökohtaisesti kiinteistödatan rajapintojen avaamisesta omien lisätyn todellisuuden ratkaisujen hyödynnettäväksi, joka on erittäin työlästä ja haasteellista kokonaisuudenhallinnan kannalta.

Kiinteistön ylläpidosta huolehtivilla yrityksillä ei ole useimmiten tietotaitoa tai resursseja luoda tietomalleja huollettavista kiinteistöistä vaan kiinteistön rakentamisesta vastaavien yritysten tulisi luoda, ylläpitää ja lopulta luovuttaa rakennusten tietomallit kiinteistöjen huollosta ja ylläpidosta vastaavien yritysten käyttöön. Tämän hetken

tieteellisen kirjallisuuden perusteella rakennusten tietomallit ja niiden hyödyntäminen lisätyn todellisuuden ratkaisujen avulla vaikuttavat potentiaalisesti hyödyllisiltä ratkaisuilta kiinteistöjen huollossa ja ylläpitotehtävissä vaadittavan paikkasidonnaisen informaation tarkasteluun ja muokkaamiseen (ks. esim. Irizarry et al. 2013; Chu et al. 2018).

Rakennusalan yritykset ovat vähitellen siirtymässä hyödyntämään rakennusten tietomallintamista, mutta näitä tietomalleja on vielä harvoin luovutettu eteenpäin muiden yritysten hyödynnettäviksi. Tämän ongelman korjaaminen vaatisi nykyistä laajempaa yhteistyötä kiinteistön elinkaaren eri vaiheissa toimivien yritysten välille. Tämä kehitys tulee viemään vuosia ennen kuin laajempia lisätyn todellisuuden ratkaisuja voidaan käytännössä ottaa käyttöön. Kanerva & Haapasalo (2005) mukaan toimialalla on kuitenkin tunnistettu laajemman yhteistyön ja tietojärjestelmien yhteentoimivuuden merkitys, joten kehitys on lisätyn todellisuuden ratkaisujen näkökulmasta menossa oikeaan suuntaan. Näitä osa-alueita on myös lähdetty aktiivisesti kehittämään yhteiskunnallisella tasolla hallituksen KIRA-digi -kärkihankkeen kautta (Ympäristöministeriö 2018).

Tämän mittaluokan muutos vaatii kuitenkin laaja-alaista ja avointa yhteistyötä kiinteistön elinkaaren eri vaiheissa toimivien yritysten kesken. Yritysten ja heidän asiakkaidensa tulisi myös olla valmiita maksamaan paremmasta ja tehokkaammasta ylläpidosta jo alkuvaiheessa, sillä rakennusyritykset eivät kustannuskilpailun vuoksi ala tarjoamaan tällaisia ylimääräisiä tuotteita ja palveluita, ellei niistä makseta erikseen. Muutokset tulevat joka tapauksessa olemaan hitaita kiinteistöjen pitkien elinkaarten sekä niiden heterogeenisyyden vuoksi. Rakennusten tietomalleja tulee pääasiassa olemaan saatavilla vain uusista kiinteistöistä ja ylläpidosta huolehtivien yritysten tulisi tällöin ylläpitää päällekkäisiä toimintatapoja kiinteistön teknologisesti kehitysasteesta riippuen.

Rakennusten tietomallien hyödyntämisellä lisätyn todellisuuden avulla on kuitenkin mahdollista parantaa työntekijöiden välistä vuorovaikutusta monella eri osa-alueella. Se mahdollistaa esimerkiksi kiinteistön piilevien rakenteiden tarkastelun samassa tilassa sekä etänä ja tiedon tallentamisen suoraan tietomalliin työntekijän oikeassa käyttökoneistissa. Muut työntekijät voivat myöhemmin tarkastella tätä informaatiota asynkronisesti samassa käyttökoneistissa. Tällä hetkellä työntekijöiden pitää aina kerätä manuaalisesti tarvitsemansa informaatio useista eri digitaalisista tietojärjestelmistä ja analogisista tietolähteistä.

Haastatteluiden perusteella yritykset olivatkin kiinnostuneita lisäämään kontekstisidonnaisen tiedon saatavuutta työntekijöiden itsenäisen työskentelyn helpottamiseksi. Lisätyn todellisuuden hyötyjä tällä osa-alueella on käsitelty myös kirjallisuudessa (ks. esim. Bae et al. 2013; Wang et al. 2013; Götze et al. 2014; Chu et



al. 2018). Lisätty todellisuus tarjoaa siis ratkaisuja Ellis et al. (1991, s. 41) kehittämän vuorovaikutuksen nelikentän jokaiselle osa-alueelle ja se mahdollistaa kontekstipohjaisen tiedon saatavuuden mahdollistamisella myös useiden työntekijöiden välisen asynkronisen vuorovaikutuksen.

Rakennusten tietomallintamisen lisäksi yhtenä mahdollistavana teknologiana voidaan pitää uusia sisäpaikannusratkaisuja (ks. esim. Leino 2012). Näiden ratkaisujen laaja yleistyminen tulee kuitenkin viemään vuosia. Myös luvussa 2.3 kuvattu merkkipohjainen tunnistus voi olla vaihtoehtona, jos halutaan lähteä välittömästi kehittämään kontekstisidonnaisen tiedon saatavuuden parantamista. Nämä ratkaisut ovat jo toteutettavissa, mutta ne vaativat paljon manuaalista työtä merkkien asentamisessa kaikkiin kiinteistöjen olennaisiin objekteihin.

Pidemmällä aikavälillä kiinteistöjen ylläpidossa toimivien yritysten tulee pyrkiä verkostomaisen toimintarakenteen vuoksi suurempaan yhteistyöhön keskenään kattavampien lisätyn todellisuuden ratkaisujen kehittämiseksi. Yksittäisten yritysten vaihtoehdot lisätyn todellisuuden hyödyntämisessä riippuvat merkittävästi sen painoasemasta sen verkostossa. Lyhyellä tähtäimellä yritykset voivat ottaa käyttöön irrallisia etäyhteistyön kehittämiseen tarkoitettuja lisätyn todellisuuden työkaluja omien sisäisten prosessiensa tehostamiseen, mutta perustavanlaatuisempien ja toimintaa merkittävästi muuttavien ratkaisujen käyttöönotossa yritysten välinen avoin yhteistyö ja järjestelmien avoimet rajapinnat luovat suurempia mahdollisuuksia.

Rakennusten tietomallien ja lisätyn todellisuuden hyödyntäminen kiinteistöjen koko elinkaaren aikana rakentamisvaiheesta kiinteistön ylläpitoon ja kommunikointiin eri sidosryhmien välillä on todennäköisesti suurin yksittäinen pitkän tähtäimen kehityskohde. Tällä olisi myös mahdollista vastata luvussa 3 kuvailtuihin toimialan työtehtävien pirstoutuneisuuden asettamiin haasteisiin. Rakennusten tietomallien integroiminen lisätyn todellisuuden ratkaisujen ytimeksi on haasteellinen ja paljon kehitystyötä vaativa osa-alue, mutta sillä on huomattava potentiaali tuoda lisähyötyjä kiinteistöjen ylläpitoon.

Standardoitujen rakennusten tietomallien tuominen toiminnan keskiöön kiinteistön koko elinkaaren ajaksi yksinkertaistaisi vuorovaikutusta kiinteistön rakentamiseen ja ylläpitoon osallistuvien yritysten välillä. Tällöin yritysten ei tarvitsisi aina tapauskohtaisesti huolehtia yritysten välisten tietojärjestelmien integroinnista vaan rakennuksen tietomalli toimisi yhteisenä kommunikoinnin ja yhteistyön välineenä. Kiinteistön elinkaaren eri vaiheisiin osallistuvien yritysten yhteistyön ja yhteiskehittämisen edistäminen on kuitenkin huomattava haaste ja sen alulle paneminen vaatisi yrityksiltä strategista sitoutumista ja pitkän tähtäimen yhteistyösopimuksia.

Rakennusten tietomallit eivät kuitenkaan ole ainoa ongelma laajempiin lisätyn todellisuuden ratkaisuihin siirryttäessä. Lisätyn todellisuuden ratkaisulla pitäisi päästä käsiksi myös yritysten muihin tietojärjestelmiin. Tämä on kuitenkin haasteellista, sillä yrityksillä on useimmiten käytössään lukuisia eri tietojärjestelmiä, joiden keskinäinen yhteensopivuus on haastatteluiden perusteella varsin heikolla tasolla. Myös Kanerva & Haapasalo (2005) selvitys tukee näitä löydöksiä. Monet järjestelmistä ovat myös huomattavan vanhoja, joka vaikeuttaa edelleen niiden integroimista yritysten muiden tietojärjestelmien kanssa. Lisätyn todellisuuden näkökulmasta yritysten tulisi pohtia olemassa olevien järjestelmien yhteentoimivuuden kehittämistä tai kokonaan siirtymistä uudempiin digitaalisiin ratkaisuihin. Lisätyn todellisuuden ratkaisujen lisähyöty tulee usein siitä, että työntekijät pääsevät helposti tarkastelemaan ja muokkaamaan paikkakohtaisesti työtehtäviensä kannalta olennaista informaatiota ja hyödyntämään sitä erilaisissa vuorovaikutustilanteissa. Tämä on luonnollisesti mahdollista, jos yrityksen digitalisaatioaste ei jo ole riittävällä tasolla sen mahdollistamiseksi.

## 6.2. Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää mitä kiinteistö- ja rakennusalan yritysten tulee ottaa huomioon vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönotossa. Yritysten kohtaamia haasteita ja mahdollisuuksia kartoitettiin teoriakatsauksen ja teemahaastatteluiden avulla, joilla pyrittiin vastaamaan tutkimuksen päätutkimuskysymykseen:

- *Mitkä ovat vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden teknologioiden käyttöönoton mahdollisuudet ja haasteet kiinteistö- ja rakennusosalalla?*

Teoriakatsauksen ja teemahaastatteluiden avulla onnistuttiin tuomaan esille laajalaisesti erilaisia vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden teknologioiden käyttöönoton mahdollisuuksia ja haasteita kiinteistö- ja rakennusalan kontekstissa. *Tämä on tutkimuksen ensimmäinen teoreettinen kontribuutio. Työn keskeisin tulos oli, että vuorovaikutteisella lisätyllä todellisuudella on merkittävä potentiaali oikean ympäristön objektien ja niihin liittyvän digitaalisen informaation kontekstipohjaisessa yhdistämisessä ja työntekijöiden välisen vuorovaikutuksen tehostamisessa etäyhteyksratkaisujen avulla.*

Vuorovaikutteiset lisätyn todellisuuden ratkaisut tarjoavat merkittäviä hyötyjä yrityksille, kun työntekijät löytävät helposti heidän työtehtäviensä kontekstiin liittyvän informaation ja pystyvät samalla muokkaamaan tätä informaatiota. Tällä on myös mahdollista vähentää tiedonkulussa tapahtuvien virheiden määrää merkittävästi manuaalisten useiden tietojärjestelmien välisten tiedonsyötön työvaiheiden vähentyessä. Tämä eroaa huomattavasti yritysten nykyisistä toimintatavoista, jotka hyödyntävät vielä laajalti analogisia informaatiolähteitä sekä keskenään yhteentoimimattomia digitaalisia

tietojärjestelmiä. Näiden tietojen kerääminen ja hyödyntäminen työntekijöiden välisessä vuorovaikutuksessa on työlästä ja virheeltistä. Yrityksen tietojen keskittämällä harvempiin järjestelmiin ja siihen pääsyn mahdollistamisella paikkasidonnaisesti lisätyn todellisuuden avulla on myös vaikutuksia yrityksen käyttämän tiedon oikeellisuuden varmistamisessa tiedon päällekkäisyyksiä eliminoimalla.

Merkittävänä haasteena lisätyn todellisuuden käyttöönotossa on myös kiinteistö- ja rakennusalan toimijoiden ja työkohteiden huomattava määrä. Kiinteistöjen ylläpidossa toimivalla yrityksellä voi esimerkiksi olla huollettavana satoja eri kiinteistöjä. Kiinteistökanta on lisäksi heterogeenistä ja vain kaikkein uusimmista kiinteistöistä on mahdollisesti saatavilla valmiita tietomalleja. Tämä vaikeuttaa lisätyn todellisuuden mahdollistamien uusien vuorovaikutuskeinojen laaja-alaista käyttöönottoa.

Vanhon kiinteistöjen mallintaminen jälkeenpäin on taloudellisesti vaikeasti perusteltavissa, mutta uusimmilla lisätyn todellisuuden teknologioilla niiden manuaalinen mallintaminen paikan päällä on muuttumassa mahdolliseksi. Myöskään sisätilapaikannusratkaisut eivät ole vielä yleistyneet riittävästi lisätyn todellisuuden ratkaisujen välittömän käyttöönoton näkökulmasta. Myös merkkiperustaisen tunnistamisen hyödyntäminen lisätyn todellisuuden ratkaisujen pohjana on mahdollista, mutta se vaatii merkkien asentamisen kaikkiin kiinteistön relevantteihin objekteihin.

Kaiken näistä moninaisista kiinteistöistä saatavan datan koordinoiminen ja integrointi lisätyn todellisuuden järjestelmiin on kuitenkin vuosia kestävä ja paljon resursseja sekä yritysten välistä yhteistyötä vaativa kehityshanke. Vain kaikille toimialan yrityksille hyötyjä tuovalla yhteiskehittämisellä voidaan tuoda tällaisia muutoksia koko alalle, sillä niin suuret yritykset ovat alalla harvassa, että ne pystyisivät omalla aloitteellaan pakottamaan muut yritykset itse valitsemiinsa toimintatapoihin.

Lisätyn todellisuuden ratkaisuihin tehtyjen investointien oikeuttamiseksi on uusien ansaintalogiikoiden kehittäminen olennaista. Lisätyn todellisuuden avulla saavutettavat tehokkaamman ylläpidon hyödyt tulee pystyä myymään kiinteistösijoittajille ja muille asiakkaille, mutta tämä vaatii pitkäjänteisempää näkökantaa koko toimialalla. Selviten hyödyt käyvät ilmi yritysten sisäisten prosessien tehostamisessa mahdollistamalla etäyhteistyön sujuvuus uusien vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden ratkaisujen avulla. Laajemmissa ratkaisuissa haasteena on päällekkäisten kyvykkyyksien ylläpitäminen, sillä kiinteistöihin, joista ei ole esimerkiksi saatavilla tietomalleja, tulee ylläpito toteuttaa eri tavalla niihin kiinteistöihin verrattuna, joissa on mahdollista hyödyntää rakennusten tietomalleja ja lisättyä todellisuutta.

Tutkimuksen aikana ilmi tulleista haasteista ja mahdollisuuksista voidaan päätellä, että vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönotot voidaan jakaa nopeasti käyttöönotettaviin *lyhyen tähtäimen* ratkaisuihin ja *pidemmän tähtäimen* enemmän

kehitystyötä vaativiin ratkaisuihin. *Lyhyen tähtäimen ratkaisuille* tarkoitetaan ratkaisuja, jotka voidaan asentaa heti älypuhelimeen ja ottaa suoraan käyttöön työtehtävien tukemisessa. Lyhyellä tähtäimellä kiinteistöjen huollossa ja ylläpidossa toimivien yritysten välittömästi käyttöönottavat vuorovaikutteiset lisätyn todellisuuden ratkaisut rajoittuvat pitkälti taulukon 12 mukaisesti yritysten sisäisten toimintojen kehittämiseen tehostamalla synkronisesti tapahtuvaa videoetäavustusta yksittäisten työntekijöiden välillä. Nämä etäyhteistyötä tehostavat ratkaisut ovat helpoiten kiinteistö- ja rakennusalaalla käyttöönotettavia lisätyn todellisuuden ratkaisuja, koska niitä ei tarvitse integroida yrityksen muihin tietojärjestelmiin ja työntekijöiden käytössä olevat laitteet, kuten älypuhelimet, riittävät pääasiassa näiden ratkaisujen käyttöönottoon. Näillä ratkaisuille voidaan vaikuttaa luvussa 3 mainittuihin haasteisiin paljon liikkuvien työntekijöiden välisessä kommunikoinnissa ja käytännössä niiden tarkoituksena on korvata perinteiset puhelinsoitot teknisessä kommunikoinnissa. Näiden ratkaisujen käyttöönotto ei myöskään vaadi merkittäviä muutoksia työntekijöiden päivittäisessä työskentelyssä ja uudet lisätyn todellisuuden etäavustusratkaisut ovat helposti opittavissa.

**Taulukko 12.** Vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönoton ajallinen jakautuminen teoreettisen viitekehyksen näkökulmasta

	<b>Lyhyen tähtäimen ratkaisut</b>	<b>Pidemmän tähtäimen ratkaisut</b>
<b>Vuorovaikutuksen dimensiot</b>	Synkronisesti etänä	Asynkronisesti etänä Synkronisesti etänä Asynkronisesti samassa paikassa Synkronisesti samassa paikassa
<b>Vuorovaikutuksen tyyppi</b>	Yksi-yksi	Yksi-yksi Yksi-usea Usea-usea
<b>Sidosryhmät</b>	Yrityksen sisäinen	Yrityksen sisäinen Yritysten välinen Yrityksen ja asiakkaan välinen
<b>Laitteet</b>	Älypuhelin	Älypuhelin HMD-laitteet Projektionäytöt
<b>Toiminnallisuudet</b>	Video	Tietomalli, video, teksti, kuva
<b>Aistit</b>	Näkö Kuulo	Näkö Kuulo

*Pidemmän tähtäimen ratkaisuille* tarkoitetaan vasta useamman vuoden päästä mahdollisesti käyttöönotettavia laajempia lisätyn todellisuuden ratkaisuja. Yritysten tulee ensin panostaa oman digitalisaatioasteen nostamiseen, jotta taulukossa 12 kuvailtuja pidemmän tähtäimen ratkaisuja voidaan myöhemmin ottaa käyttöön. Näillä

ratkaisuilla puolestaan voidaan puuttua luvussa 3 kuvattuihin huoltokohteiden paikantamisessa ja tunnistamisessa kohdattuihin haasteisiin sekä huoltotehtävissä vaadittavan reaaliaikaisen tiedon saatavuuden mahdollistamiseen. Niillä voidaan löytää ratkaisuja vuorovaikutuksen dimensioiden jokaiseen osa-alueeseen. Ne myös mahdollistavat vuorovaikutuksen skaalan lisäämisen mahdollistamalla useampien työntekijöiden välisen asynkronisen vuorovaikutuksen kontekstisidonnaisen tiedon muodossa, kun useat eri työntekijät voivat olla vuorovaikutuksessa keskenään paikkasidonnaisen tiedon välityksellä. Vuorovaikutuksen dimensio ja tyyppi ovat siis sidoksissa taustalla olevaan digitalisaatioon ja muihin mahdollistaviin teknologioihin. Laajempien lisätyn todellisuuden ratkaisujen vaatimia mahdollistavia teknologioita ovat esimerkiksi rakennusten tietomallintaminen ja sisäpaikannusteknologiat. Ne vaativat määrätietoista ja pidempikestoista kehitystoimintaa yrityksiltä.

Laajempien lisätyn todellisuuden ratkaisujen mahdollistamista vuorovaikutustavoista tallentuu myös informaatiota itse vuorovaikutuksesta, kun taas lyhyen tähtäimen ratkaisuissa vuorovaikutus on rajoittunut yksittäisten työntekijöiden välille, eikä näistä vuorovaikutustilanteista kerry myöhemmin hyödynnettävää informaatiota tietojärjestelmiin. Myös työntekijöiltä vaaditaan merkittävästi aiemmista toimintatavoista poikkeavien uusien toimintatapojen opettelua näiden uusien ratkaisujen mahdollistamien vuorovaikutuskeinojen hyödyntämisessä. Näitä ratkaisuja voidaan älypuhelimien lisäksi hyödyntää HMD-laitteilla ja projektionäytöillä, jotka vaativat työntekijöiltä uusien vuorovaikutustekniikoiden opettelua. Niillä voidaan lisätä vuorovaikutusta myös yritysten sisäisten sidosryhmien ulkopuolelle.

Lisätyn todellisuuden sovelluskohteet ja mahdollisuudet nähtiin yrityksissä kuitenkin sijoittuvan vielä enemmän yritysten sisäisten prosessien tehostamiseen täysin uuden liiketoiminnan sekä muiden yritysten ja asiakkaiden suuremman prosesseihin mukaan ottamisen sijaan. Erityisesti asiakkaiden heterogeisuus ja valmiustaso erilaisten digitaalisten ja lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönottoon olivat suurimpia rajoittavia tekijöitä tällä osa-alueella. Kiinteistö- ja rakennusalan yritysten tulee arvioida tapauskohtaisesti asiakkaidensa valmiuksia ottaa käyttöön uusia lisätyn todellisuuden ratkaisuja ennen ratkaisuihin investoimista. Ylemmän johdon tulee myös varmistua siitä, että myös ratkaisujen loppukäyttäjät oikeasti sitoutuvat uusien toimintatapojen käyttöönottoon myös yritysten sisäisesti.

*Alatutkimuskysymys 1: Mitä vuorovaikutteisella lisätyllä todellisuudella tarkoitetaan ja mitä tekijöitä siihen liittyy?*

Tähän alatutkimuskysymykseen vastattiin tutkimuksen teoriaosiossa, jossa tuotiin yhteen useita eri vuorovaikutteisuuden näkökantoja lisätyn todellisuuden kontekstiin ja näitä löydöksiä vertailtiin edelleen haastatteluissa esille tulleetiin haasteisiin ja mahdollisuuksiin. Tieteellisen kirjallisuuden perusteella lisätyllä todellisuudella voidaan

tuoda uusia vuorovaikutuskeinoja Ellis et al. (1991) kehittämän vuorovaikutuksen nelikentän jokaiselle osa-alueelle. Lisättyä todellisuutta ei kuitenkaan ole vielä tutkittu paljoakaan vuorovaikutteisuuden näkökulmasta kiinteistö- ja rakennusalan kontekstissa. *Tutkimuksen toisena teoreettisena kontribuutiona on eri vuorovaikutteisuuden osa-alueiden yhteensovittaminen lisätyn todellisuuden näkökulmasta, joka on esitetty kappaleessa 2.9 ja kuvassa 11.*

Lisätyllä todellisuudella voidaan myös hyödyntää useampia aisteja samanaikaisesti, kun verrataan esimerkiksi etävideoyhteyttä normaaliin puhelinsoittoon. Lisättyä todellisuutta hyödyntävät laitteet vaikuttavat myös siihen, millaisissa vuorovaikutustilanteissa ja kuinka monen käyttäjän kesken niitä voidaan käyttää. Älypuhelimilla hyödynnettävällä lisätyllä todellisuudella mukaan voidaan ottaa useita käyttäjiä niiden laajan levinneisyyden vuoksi, kun taas HMD-laitteiden harvinaisuuden vuoksi niiden vuorovaikutustilanteet ovat toistaiseksi rajoittuneempia.

*Alatutkimuskysymys 2: Mitkä ovat vuorovaikutteisen lisätyn todellisuuden hyödyt ja lisäarvo nykyisiin toimintatapoihin nähden?*

Tähän alatutkimuskysymykseen vastattiin sekä tutkimuksen teoreettisessa että empiirisessä osiossa. *Tutkimuksen kolmantena teoreettisena kontribuutiona on lisätyn todellisuuden hyötyjen ja lisäarvon kartoittaminen erityisesti vuorovaikutteisuuden näkökulmasta.* Hyödyt käyvät ilmi eri toimialoilla lisätyn todellisuuden käyttöönottolla saavutettujen hyötyjen esimerkeistä. Siirtymällä käyttökontekstista irrallisista tietojärjestelmistä uusiin lisätyn todellisuuden ratkaisuihin voidaan tuoda työntekijälle olennainen informaatio suoraan työntekijän käyttökontekstiin. Tällöin työntekijöiden ei tarvitse aina manuaalisesti ja muistinvaraisesti kerätä informaatiota useista erillisistä tietolähteistä työtehtävien tueksi, kun olennainen informaatio tuodaan automatisoidusti suoraan käyttäjän näkymään. Tämä vähentää myös haitallista huomion siirtämistä työtehtävien ja niiden tehokkaaseen suorittamiseen vaadittavien informaatiolähteiden välillä.

Uusilla lisätyn todellisuuden ratkaisulla voidaan korvata useita vanhentuneita toimintatapoja, kuten synkronisessa etävuorovaikutuksessa hyödynnettäviä puhelinsoittoja ja asynkronisessa vuorovaikutuksessa hyödynnettäviä paperisia dokumentteja. Lisätyllä todellisuudella informaatioresurssit voidaan tuoda digitaalisesti käyttäjän todelliseen käyttökontekstiin, jolloin informaatio on tehokkaammin hyödynnettävissä vuorovaikutustilanteissa.

Haastatteluiden perusteella vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden ratkaisujen arvioitiin mahdollistavan tehokkaamman etäyhteistyön, tiedon helpomman löytämisen käyttäjän sijainnin perusteella sekä vähentävän virheitä tiedonkulussa. Lisätyn todellisuuden näkö- ja kuuloaistia hyödyntävillä etäyhteistyöratkaisulla voidaan osittain

korvata puhelinsoiton avulla suoritettavaa erittäin virheeltistä sekä vain kuuloaistia hyödyntävää vuorovaikutusta. Nämä hyödyt ja lisäarvot ovat saavutettavissa lyhyellä tähtäimellä, koska niiden hyödyntämiseen vaadittavat laitteet ovat jo työntekijöiden käytössä eikä uusia ratkaisuja tarvitse integroida muihin tietojärjestelmiin.

Paikkatietoa hyödyntävä lisätty todellisuus taas vähentää virheitä ja lisää itsenäisen työskentelyn mahdollisuuksia, kun työntekijät löytävät lisätyn todellisuuden ratkaisuille helposti haluamansa työtehtävien suorittamiseen vaadittavan informaation. Työntekijöiden ei tällöin tarvitse manuaalisesti yhdistellä informaatiota eri lähteistä. Ratkaisujen visuaalisuus ja reaaliaikaisuus ovat merkittäviä etuja nykytoimintatapoihin verrattuna. Ratkaisujen visuaalisuuden ansiosta monimutkaisen informaation käsittely helpottuu erityisesti vanhoihin toimintatapoihin, kuten puhelinsoittoihin, verrattuna kun informaatio on helpommin ymmärrettävässä muodossa. Visuaalisuuden ansiosta myös eri koulutustasoisten ja eri kieltä puhuvien työntekijöiden välinen vuorovaikutus helpottuu. Reaaliaikaisuuden ansiosta taas voidaan olla varmempia siitä, että käsiteltävä informaatio on oikeasti ajankohtaista ja hyödyllistä.

### **6.3. Tutkimuksen arviointi**

Empiirisen tutkimuksen luotettavuutta ja onnistumista voidaan arvioida tutkimuksen reliabiliteetin ja validiteetin kautta. Tutkimuksen reliabiliteetilla eli luotettavuudella tarkoitetaan sitä, onko tutkimus toistettavissa. Ajatuksena on, että kahden eri tutkijan pitäisi päästä samalla aineistolla ja menetelmällä samaan tulokseen. Tutkimuksen validiteetilla eli pätevyydellä taas tarkoitetaan sitä, kuinka hyvin valitulla tutkimusmenetelmällä pystyttiin mittaamaan sitä mitä oli tarkoitus mitata. (Hirsjärvi et al. 2007, s. 226.) Nämä käsitteet on kehitetty määrällisen tutkimuksen arviointiin ja niiden soveltuvuudesta laadullisen tutkimuksen arviointiin on suhtauduttu kriittisesti (Tuomi & Sarajärvi 2009, s. 136). Hirsjärvi et al. (2007, s. 227) mukaan laadullisen tutkimuksen luotettavuutta voidaan kuitenkin parantaa kuvamaalla tarkkaan, miten tutkimus on toteutettu.

Tutkimuksen luotettavuutta voidaan pitää hyvänä, sillä tutkimuksen toteuttamisen vaiheet ja sen aikana käytetyt menetelmät on dokumentoitu kattavasti tässä raportissa. Teemahaastatteluiden luonteen vuoksi jokainen haastattelutilanne on kuitenkin ainutlaatuinen eikä toinen tutkija todennäköisesti pystyisi keräämään täysin vastaavaa aineistoa. Lisätyn todellisuuden konseptin suhteellisen uutuuden vuoksi voidaan myös pitää kyseenalaisena sitä, ymmärsivätkö kaikki haastateltavat konseptin samalla tavalla. Haastateltavat ovat myös saattaneet ymmärtää haastatteluiden aikana esiintyneet käsitteet ja konseptit eri tavalla kuin tutkija on ajatellut (Hirsjärvi et al. 2007, s. 226–227). Haastatteluista kerätty data ei siis välttämättä ole täysin verrannollista eri haastateltavien välillä.

Osassa haastatteluista oli paikalla myös useampia haastateltavia, joka saattaa vaikuttaa haastattelun lopputulokseen. Kun haastattelutilanteessa on mukana enemmän kuin yksi haastateltava, haastateltavat saattavat jättää sanomatta negatiivisia asioita tai mukailla ryhmän mielipiteitä sanomalla asioita, joita pidetään yleisesti hyväksyttävimpinä ryhmän näkökulmasta (Hirsjärvi et al. 2007, s. 206). Haastattelutilanteissa haastateltavilla on muutoinkin taipumus antaa sosiaalisesti hyväksyttäviä vastauksia, joka vähentää haastatteluiden luotettavuutta (Hirsjärvi et al. 2007, s. 201).

Haastattelut soveltuvat kuitenkin hyvin vähän tutkittujen aihealueiden kartoittamiseen, joten tutkimuksen lähtökohtien kannalta tutkimusta voidaan pitää pätevänä. Saavutettujen tulosten sovellettavuuteen yleisesti tutkimukseen osallistuneiden yritysten koko toimialalle tulee suhtautua kriittisesti, sillä tutkittavat yritykset lähtivät itse mukaan Diili-hankkeeseen, joka viittaa näiden yritysten keskimääräistä suurempaan kiinnostuneisuuteen digitalisaatiota kohtaan.

Tutkimuksessa kerätyn aineiston analysointi aloitettiin mahdollisimman nopeasti, jolloin on riskinä analyysin aikana johdettujen kategorioiden määräytyminen muutaman ensimmäisen haastattelun pohjalta. Aineiston analysoinnilla eri järjestyksessä olisi siis mahdollisesti päädytty hieman erilaisiin lopputuloksiin. Haastatteluiden analysoinnin aloittamisella vasta kaikkien haastatteluiden toteuttamisen jälkeen olisi myös mahdollisesti voitu päätyä hieman erilaisiin tuloksiin. Tutkijan ainutlaatuinen tausta voi myös vaikuttaa analyysissä syntyneisiin lopputuloksiin, mikä vähentää tutkimuksen objektiivisuutta (Ghuri & Grønhaug 2005, s. 133).

#### **6.4. Jatkotutkimusehdotuksia**

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella vuorovaikutteisten lisätyn todellisuuden teknologioiden haasteita ja mahdollisuuksia kiinteistö- ja rakennusosalalla. Yhdessäkään hankkeeseen osallistuneessa yrityksessä ei oltu vielä otettu vakinaisesti käyttöön mitään lisätyn todellisuuden ratkaisuja vaikkakin hankkeen aikana tehtiin muutamia pienimuotoisia kokeiluja. Tärkeänä jatkotutkimuskohteena olisi lisätyn todellisuuden ratkaisujen käyttöönoton tutkiminen ja niillä saavutettavien hyötyjen tarkempi kartoittaminen aiempiin toimintatapoihin nähden. Kiinteistö- ja rakennusalan yritysten valmiuksia avoimeen ja pitkäjänteiseen yhteiskehittämiseen tulisi tutkia, sillä se tulee todennäköisesti osoittautumaan kriittiseksi tekijäksi lisätyn todellisuuden laajemman käyttöönoton kannalta kiinteistön koko elinkaaren aikana. Myös asiakkaiden ottamista mukaan osaksi yritysten prosesseja lisätyn todellisuuden osa-alueella tulisi tutkia, sillä parempi tiedonkulku kiinteistöjä ylläpitävien yritysten ja näiden kiinteistöjen käyttäjien välillä voi luoda lisäarvoa yrityksen toiminnalle.

HMD-laitteiden laajempi hyödyntäminen kiinteistö- ja rakennusosalalla laitteiden kehittyessä ja muuttuessa sosiaalisesti hyväksyttävimmiksi niiden pienentyessä on myös



yksi potentiaalinen jatkotutkimuskohde. Tämän tutkimuksen löydöksenä oli selvästi yritysten kiinnostuksen kohdistuminen älypuhelimilla käytettävään lisättyyn todellisuuteen. Alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen hankkeen kohdeyritykset sijoittuivat käytännössä kaikki kiinteistöjen hallinnoinnin, huollon ja ylläpidon toimialueille eikä hankkeen aikaisemmissa vaiheissa mukana olleita rakennusalan yrityksiä haastateltu tämän tutkimuksen puitteissa. HMD-laitteiden käyttö saattaa tässä kehityksen vaiheessa sopia paremmin kiinteistön rakennusvaiheeseen HMD-laitteiden älypuhelimien verrattuna suhteellisesti vähäisemmän liikuteltavuuden vuoksi.

Kaiken eri kiinteistöistä saatavan datan esittäminen lisätyn todellisuuden ratkaisussa on myös potentiaalinen jatkotutkimuskohde. Tässä tutkimuksessa kävi selväksi, että yritysten data on pirstaloituneena useisiin eri järjestelmiin, joka vaikeuttaa näistä järjestelmistä saatavan datan esittämistä yhden lisätyn todellisuuden ratkaisun kautta. Kun kiinteistö- ja rakennusalan digitalisaatio ja erityisesti järjestelmien integroiminen sekä avoimien rajapintojen saatavuuden varmistaminen on edennyt pidemmälle, avautuu myös lisätylle todellisuudelle merkittävä määrä uusia sovelluskohteita. Myös erityisesti sisätiloissa toimivien paikkatietoratkaisujen toimivuutta tulisi tutkia kiinteistö- ja rakennusalan yritysten tarpeiden näkökulmasta.

## LÄHTEET

- Adams, E. (2017). Ford's using augmented reality to design better cars. [WWW]. [Viitattu 18.10.2017]. Saatavissa: <https://www.wired.com/story/ford-design-microsoft-hololens>.
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 6, Issue 4, s. 355–385.
- Azuma, R., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S. & Macintyre, B. (2001). Recent Advances in Augmented Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 21, No. 6, s. 34–47.
- Bae, H., Golparvar-Fard, M. & White, J. (2013). High-precision vision-based mobile augmented reality system for context-aware architectural, engineering, construction and facility management (AEC/FM) applications. *Visualization in Engineering*, Vol. 1, No. 1, s. 1–13.
- Billinghurst, M., Kato, H. & Poupyrev, I. (2001). Collaboration with tangible augmented reality interfaces. *HCI International*. Vol. 1, s. 5–10.
- Billinghurst, M. & Kato, H. (2002). Collaborative augmented reality. *Communications of the ACM*, Vol. 45, No. 7, s. 64–70.
- Billinghurst, M., Clark, A. & Lee, G. (2015). A Survey of Augmented Reality. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*: Vol. 8: No. 2–3, s. 73–272.
- Bimber, O. & Raskar, R. (2005). *Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds*. CRC Press, 369 s.
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A. & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education – cases, places and potentials. *Educational Media International*, Vol. 51, No. 1, s. 1–15.
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E. & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 51, No. 1, s. 341–377.
- Chi, H. L., Kang, S. C., & Wang, X. (2013). Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction. *Automation in Construction*, Vol. 33, s. 116–122.
- Chien, C.-H., Chen, C.-H. & Jeng, T.-S. (2010). An Interactive Augmented Reality System for Learning Anatomy Structure. *International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, Vol. 1, s. 1–6.
- Chu, M., Matthews, J., & Love, P. E. D. (2018). Integrating Mobile Building Information Modelling and Augmented Reality Systems : An Experimental Study. *Automation in Construction*, Vol. 85, s. 305–316.
- Curran, K., Furey, E., Lunney, T., Santos, J., Woods, D. & McCaughey, A. (2011). An evaluation of indoor location determination technologies. *Journal of Location Based Services*, Vol. 5, No. 2, s. 61–78.
- Elgan, M. (2016). How Google's Project Tango will change your life. [WWW]. [Viitattu 11.10.2017]. Saatavissa:

- <https://www.computerworld.com/article/3018733/mobile-wireless/how-googles-project-tango-will-change-your-life.html>.
- Ellis, C. A., Gibbs, S. J. & Rein, G. (1991). Groupware: some issues and experiences. *Communications of the ACM*, Vol. 34, No. 1, s. 39–58.
- Falk, J., Redström, J. & Björk, S. (1999). Amplifying Reality. *Proceeding HUC '99, Proceedings of the 1st international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*, s. 274–279.
- Gartner. (2017). Gartner Identifies the Top 10 Strategic Technology Trends for 2018. [WWW]. [8.10.2017]. Saatavissa: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3812063>.
- Gauglitz, S., Nuernberger, B., Turk, M. & Höllerer, T. (2014). In touch with the remote world. *Proceedings of the 20th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology - VRST '14*, s. 197–205.
- Ghuri, P. & Grønhaug, K. (2005). *Research Methods in Business Studies: A Practical Guide*. 3. painos. Dorchester, Financial Times/Prentice Hall, 257 s.
- Gheisari, M. & Irizarry, J. (2016). Investigating human and technological requirements for successful implementation of a BIM-based mobile augmented reality environment in facility management practices. *Facilities*, Vol. 34 Issue: ½, s. 69–84.
- Goode, L. (2017). Apple shows off new AR apps just as Google launches ARCore. [WWW]. [Viitattu 8.10.2017]. Saatavissa: <https://www.theverge.com/2017/8/29/16219208/apple-arkit-ar-apps-ikea-walking-dead-giphy-hungry-caterpillar-google>.
- Gummesson, E. (2000). *Qualitative Methods in Management Research*. 2. painos. Sage Publications. Thousand Oaks (CA), 250 s.
- Götze, J., Schumann, C. A. & Müller, E. (2014). Context awareness and augmented reality in facility management. *International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE)*, Bergamo, (2014), s. 1–5.
- Hartig, O. (2015). Microsoftin hologrammilasit matkaavat maapallon ulkopuolelle – kirjaimellisesti. [WWW]. [Viitattu 8.10.2017]. Saatavissa: [http://www.tivi.fi/Kaikki\\_uutiset/2015-06-26/Microsoftin-hologrammilasit-matkaavat-maapallon-ulkopuolelle---kirjaimellisesti-3324659.html](http://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/2015-06-26/Microsoftin-hologrammilasit-matkaavat-maapallon-ulkopuolelle---kirjaimellisesti-3324659.html).
- Henderson, S. J. & Feiner, S. (2009). Evaluating the benefits of augmented reality for task localization in maintenance of an armored personnel carrier turret. *Science and Technology Proceedings - IEEE 2009 International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2009*, s. 135–144.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2007). *Tutki ja kirjoita*. 13. painos, Helsinki: Tammi, 448 s.
- Hull, E., Jackson, K. & Dick, J. (2005). *Requirements Engineering*. 2. painos, Springer, 198 s.
- Irizarry, J., Gheisari, M., Williams, G., & Walker, B. N. (2013). InfoSPOT: A mobile Augmented Reality method for accessing building information through a situation awareness approach. *Automation in Construction*, Vol. 33, s. 11–23.
- Irizarry, J., Gheisari, M., Williams, G. & Roper, K. (2014). Ambient intelligence environments for accessing building information: A healthcare facility management scenario. *Facilities*, Vol. 32, No. 3/4, s. 120–138.
- Jensen, K. B. (2010). *Media Convergence: The three degrees of network, mass and interpersonal communication*. Lontoo, UK: Routledge, 210 s.
- Kanerva, J. & Haapasalo, H. (2005). *Mobiiliteknologia rakennus- ja kiinteistöalalla*. Helsinki, Tekes, Teknologia katsaus 187/2005, 28 s.

- Kasanen, E., Lukka, K. & Siitonen, A. (1993). The Constructive Approach in Management Accounting Research. *Journal of Management Accounting Research*. Vol. 5, s. 243–264.
- Koch, C., Neges, M., König, M. & Abramovici, M. (2014). Natural markers for augmented reality-based indoor navigation and facility maintenance. *Automation in Construction*, Vol. 48, s. 18–30.
- Komonen, O. P. (2017). Google Glass tekee paluun – nopeuttavat työntekoa jopa kymmenillä prosenteilla. [WWW]. [Viitattu 8.10.2017]. Saatavissa: [http://www.tivi.fi/Kaikki\\_uutiset/google-glass-tekee-paluun-nopeuttavat-tyontekoa-jopa-kymmenilla-prosenteilla-6663905](http://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/google-glass-tekee-paluun-nopeuttavat-tyontekoa-jopa-kymmenilla-prosenteilla-6663905).
- Koskinen, I., Alasuutari, P. & Peltonen, T. (2005). Laadulliset menetelmät kauppatieteissä. Tampere: Vastapaino, 350 s.
- van Krevelen, D. W. F., & Poelman, R. (2010). A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. *The International Journal of Virtual Reality*, Vol. 9(2), s. 1–20.
- Kuula T., Piira K., Seisto A., Hakkarainen M., Woodward C. (2012). User requirements for mobile AR and BIM utilization in building life cycle management. *Proceedings of the 12th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality (CONVR2012)*, Taipei, Taiwan, s. 203–211.
- Laitila, T. (2015). Älykakkuloista kaavailaan apuria ammattilaiselle. [WWW]. [Viitattu 8.10.2017]. Saatavissa: [http://www.tivi.fi/Kaikki\\_uutiset/2015-03-04/%C3%84lykakkuloista-kaavailaan-apuria-ammattilaiselle-3216758.html](http://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/2015-03-04/%C3%84lykakkuloista-kaavailaan-apuria-ammattilaiselle-3216758.html).
- Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, Vol. 58, No.4, s. 431–440.
- Leino, R. (2012). Ennätystarkka sisätilapaikannus hyödyntää Maan magneettikenttää. [WWW]. [Viitattu 7.10.2017]. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/innovaatiot/2012-08-19/Enn%C3%A4tystarkka-sis%C3%A4tilapaikannus-hy%C3%B6dynt%C3%A4%C3%A4-Maan-magneettikentt%C3%A4%C3%A4-3254081.html>.
- Lukosch, S. Billingham, M. Alem, L. & Kiyokawa, K. (2015). Collaboration in Augmented Reality. *Computer Supported Cooperative Work: CSCW*, Vol. 24, No. 6, s. 515–525.
- Luotola, J. (2015). Lisätyn todellisuuden odottamattomat ongelmat – tekijänoikeudet, yksityisyys ja fyysinen turvallisuus. [WWW]. [Viitattu 8.10.2017]. Saatavissa: <http://www.tivi.fi/Uutiset/lisatyn-todellisuuden-odottamattomat-ongelmat-tekijanoikeudet-yksityisyys-ja-fyysinen-turvallisuus-6062769>.
- Martínez, H., Laukkanen, S. & Mattila, J. (2013). A new hybrid approach for augmented reality maintenance in scientific facilities. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Vol. 10, s. 1–10.
- Martínez, H., Skournetou, D., Hyppölä, J., Laukkanen, S. & Heikkilä, A. (2014). Drivers and Bottlenecks in the Adoption of Augmented Reality Applications. *Journal of Multimedia Theory and Applications*, Vol. 1, s. 27–44.
- Mekni, M. & Lemieux, A. (2014). Augmented Reality: Applications, Challenges and Future Trends. *Applied Computational Science Anywhere—Proceedings of the 13th International Conference on Applied Computer and Applied Computational Science (ACACOS '14)* Kuala Lumpur, Malaysia, s. 205–214.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. & Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator and telepresence technologies*, Vol. 2351, No. 11, s. 282–292.

- Miles, M.B. & Huberman, A.M. (1994). *Qualitative data analysis: an expanded sourcebook*. 2. painos. Thousand Oaks. Sage, 352 s.
- Mizokami, K. (2017). DARPA Is Working on Giving Soldiers Supervision. [WWW]. [Viitattu 18.10.2017]. Saatavissa: <http://www.popularmechanics.com/military/research/a26654/darpa-augmented-reality-soldiers/>
- Ojanperä, V. (2012). Mainoksen QR-koodi voi ohjata tietoturva-ansaan. [WWW]. [Viitattu 8.10.2017]. Saatavissa: <http://www.tivi.fi/Arkisto/2012-04-13/Mainoksen-QR-koodi-voi-ohjata-tietoturva-ansaan-3143399.html>.
- Olkkonen, T. (1994). *Johdatus teollisuustalouden tutkimustyöhön*. 2. painos. Espoo, Teknillinen korkeakoulu, 143 s.
- Parviainen, P., Hulkko, H., Kääriäinen, J., Takalo, J. & Tihinen, M. (2003). *Requirements engineering – Inventory of Technologies*. Espoo 2003. VTT Publications 508.
- Pirkkalainen, H., Kärkkäinen, H. & Puhto, J. (2017). Digitaalista liiketoimintaa yhteiskehittämisellä (Diili) – Vuorovaikutukselliset VR/AR-ratkaisut uudistamassa asiakasarvon luomista kiinteistön elinkaarella. Projektisuunnitelma.
- Porter, M. E. & Heppelmann, J. E. (2017). Why every organization needs an augmented reality strategy. *Harvard Business Review*, 2017 November-December Issue.
- Rankohi, S. & Waugh, L. (2013). Review and analysis of augmented reality literature for construction industry. *Visualization in Engineering*, Vol. 1, No. 9, s. 1–18.
- Rauhala, M., Gunnarsson, A. S. & Henrysson, A. (2006). A novel interface to sensor networks using handheld augmented reality. *Proceedings of the 8th Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, s. 145–148.
- Rauschnabel, P. A., Brem, A. & Ro, Y. K. (2015). *Augmented Reality Smart Glasses: Definition, Conceptual Insights, and Managerial Importance*. Working Paper, The University of Michigan-Dearborn, s. 1–21.
- Sacco, A. (2016). Google Glass takes flight at Boeing. [WWW]. [Viitattu 18.10.2017]. Saatavissa: <https://www.cio.com/article/3095132/wearable-technology/google-glass-takes-flight-at-boeing.html>
- Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill A. (2009). *Research Methods for Business Students*. 5. painos, Harlow, Englanti: Pearson Education Limited, 614 s.
- Savioja P., Järvinen P., Karhela T., Siltanen P., Woodward C. (2007). Developing a mobile, service-based augmented reality tool for modern maintenance work. R. Shumaker (Ed.): *Virtual Reality, HCII 2007, LNCS 4563*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007, s. 554–563.
- Schnabel, M. A., Wang, X., Seichter, H. & Kvan, T. (2007). From virtuality to reality and back. *Proceedings of the International Association of Societies of Design Research*, Vol. 1, s. 1–15.
- Siljamäki, H. (2010). Lisätty todellisuus näyttää enemmän. [WWW]. [Viitattu 08.10.2017]. Saatavissa: <http://www.tivi.fi/Arkisto/2010-01-30/Lis%C3%A4tty-todellisuus-n%C3%A4ytt%C3%A4%C3%A4-enemm%C3%A4n-3177074.html>.
- Somasegar, S & Lian, L. (2017). Technology trends changing the world as we look ahead. [WWW]. [Viitattu 8.10.2017]. Saatavissa: <https://techcrunch.com/gallery/technology-trends-changing-the-world-as-we-look-ahead/>
- TIVI. (2015). Tavarat liittyvät nettiin ja yksityisyyden raja häviää – Elisa listasi ensi vuoden digitaaliset trendit. [WWW]. [Viitattu 8.10.2017]. Saatavissa:

- [http://www.tivi.fi/Kaikki\\_uutiset/tavarat-liittyvat-nettiin-ja-yksityisyyden-raja-halvenee-elisa-listasi-ensi-vuoden-digitaaliset-trendit-6241967](http://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/tavarat-liittyvat-nettiin-ja-yksityisyyden-raja-halvenee-elisa-listasi-ensi-vuoden-digitaaliset-trendit-6241967).
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2009). Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. 5. uudistettu laitos, Helsinki: Tammi, 175 s.
- Virtanen, S. (2015). Hologrammi-Mannerheim opettaa historiaa. [WWW]. [Viitattu 8.10.2017]. Saatavissa: <http://www.tivi.fi/Arkisto/2015-01-19/Hologrammi-Mannerheim-opettaa-historiaa-3152236.html>.
- Virtanen, S. (2017). Suomalaisliike soveltaa lisättyä todellisuutta näppärästi – sommittele sisustusta ilman raskaan roinan raijaamista. [WWW]. [Viitattu 8.10.2017]. Saatavissa: [http://www.tivi.fi/Kaikki\\_uutiset/suomalaisliike-soveltaa-lisatty-todellisuutta-napparasti-sommittele-sisustusta-ilman-raskaan-roinan-raijaamista-6648496](http://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/suomalaisliike-soveltaa-lisatty-todellisuutta-napparasti-sommittele-sisustusta-ilman-raskaan-roinan-raijaamista-6648496)
- Vänskä, O. (2017). Google julkisti uutuutensa: näillä aseilla lähdetään lisätyn todellisuuden taisteluun. [WWW]. [Viitattu 8.10.2017]. Saatavissa: [http://www.tivi.fi/Kaikki\\_uutiset/google-julkisti-uutuutensa-nailla-aseilla-lahdetaan-lisatyn-todellisuuden-taisteluun-6672538](http://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/google-julkisti-uutuutensa-nailla-aseilla-lahdetaan-lisatyn-todellisuuden-taisteluun-6672538).
- Wang, X. (2009). Augmented reality in architecture and design: Potentials and challenges for application. International Journal of Architectural Computing, Vol. 7, No. 2, s. 309–326.
- Wang, X., Kim, M. J., Love, P. E. D. & Kang, S.C. (2013). Augmented Reality in built environment: Classification and implications for future research. Automation in Construction, Vol. 32, s. 1–13.
- Woodward, C., Kuula, T., Honkamaa, P., Hakkarainen, M. & Kemppi, P. (2014). Implementation and Evaluation of a Mobile Augmented Reality System for Building Maintenance. 14th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, s. 306–318.
- Yin, R. K. (2009). Case study research: Design and methods (4th Ed.). Thousand Oaks, CA: Sage, 240 s.
- Ympäristöministeriö. (2018). KIRA-digi 360 – näin digitalisaatio uudistaa kiinteistö- ja rakentamisalan. [WWW]. [Viitattu 20.2.2018]. Saatavilla: [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Ohjelmat\\_ja\\_strategiat/KIRAdigi\\_\\_Rakennetu\\_n\\_ympariston\\_ja\\_rakentamisen\\_digitalisaatio/KIRAdigi\\_360\\_\\_nain\\_digitalisaatio\\_uudist\(45676\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Ohjelmat_ja_strategiat/KIRAdigi__Rakennetu_n_ympariston_ja_rakentamisen_digitalisaatio/KIRAdigi_360__nain_digitalisaatio_uudist(45676)).

## LIITE 1: HAASTATTELURUNKO JA SKENAARIOT

### Haastattelurunko

1. Mitä eri digitaalista dataa teidän kiinteistöistänne on saatavilla? Mitä sensoreita, IoT-laitteita ja tietomalleja (esim. BIM) kiinteistöistä löytyy? Onko informaatio keskitettynä tietojärjestelmiin vai pirstaloituneena eri paikoissa? Miksi kehitys on tällä asteella?
2. Onko teillä jo jotain mobiileja digitaalisia ratkaisuja käytössä?
3. Millaisia ongelmia skenaarion työntekijät kohtaavat päivittäisessä toiminnassa nyt?
  - a. Löytävätkö he apua nopeasti kohdattuihin ongelmiin?
  - b. Toimivatko useimmiten samassa tilassa vai eri paikoissa?
  - c. Kulkeeko ja tallentuuko tieto eri osapuolten välillä ilman virheitä?
  - d. Millaisia ratkaisutapoja nyt käytössä?
4. Onko lisättyä todellisuutta hyödynnetty yrityksessä tai onko sitä hyödynnetty kilpailijoilla?
  - a. Millä tasolla yhteistyökumppanit ovat digitalisaation ja AR:n suhteen?
5. Mitä mahdollisuuksia ja hyötyjä näette skenaarion tilanteen tuovan teidän yrityksellenne?
  - a. Vähentääkö virheitä? Säästääkö aikaa? Helpottaako tiedonjakoa? Auttaako ongelmakohteiden löytämisessä? Miksi?
6. Mitkä tekijät rajoittavat skenaarion AR-sovelluksen ja siihen liittyvien teknologioiden käyttöönottoa teidän yrityksessänne? Miksi?
  - a. Eroaako yrityksenne KIRA-alan muista yrityksistä?
  - b. Kuinka valmiita luulette työntekijöidenne olevan ottamaan käyttöön skenaarion kaltaisia AR-ratkaisuita? Näettekö haasteita tai hyötyjä työntekijän kannalta?
7. Lähtisittekö testaamaan AR:ää (esim. JORY-kokouksen demojen pohjalta)?
  - a. Onko tarkoituksena hankkia uusia laitteita (esim. älylasit) vai hyödyntää olemassa olevia mobiililaitteita?

### Skenaario 0) Asukas ilmoittaa ongelmasta (asynkroninen vuorovaikutus asukas <-> huoltoyhtiö)

Asukas huomaa lämpöpatterin rikkoutuneen

Asukas avaa älypuhelimien AR-sovelluksen

- 1) Asukas ottaa paikkatiedot tallentavan kuvan ongelmasta ja kirjoittaa ongelmakuvauksen

- 2) AR-sovellus tunnistaa kohteen BIM- tai muun tietomallin pohjalta, johon asukas liittää ongelmakuvauksen
- 3) AR-sovellus hyödyntää älypuhelimien 3D-kameraa ja asukas jättää tagin

**Skenaario 1a) (asynkroninen vuorovaikutus asukas <-> huoltomies - synkroninen huoltomies <-> asiantuntija) – Juuri aloittanut huoltomies saapuu kiinteistölle korjaamaan lämpöpatteria:**

Asukas jättänyt huoltopyynnön skenaarion 0 mukaisesti

Automaattinen tehtävänjako huoltomiesten osaamisprofiilien ja etäisyyden perusteella  
Tehtävähälytys sopivalle huoltomiehelle

Huoltomies saapuu kiinteistölle

Huoltomies katsoo AR-sovelluksella työtehtävän sijainnin visuaalisesti (checkpoint-marker)

Huoltomies kohdistaa älypuhelimien lämpöpatteriin (löytää AR-sovelluksen käyttämän tagin, NFC:n...)

AR-sovellus tuo ruutuun painikkeet huoltokirjasta, ohjevideoista ja yhteydenotosta asiantuntijaan

Avaa huoltokirjan ja vahvistaa tehtävän vastaanotetuksi ja aloitetuksi

Suorittaa työtehtävää, mutta kohtaa ongelman, johon ei tiedä ratkaisua

Vaihtoehto 1) Katsoo opasvideon AR-sovelluksesta

Vaihtoehto 2) ei löydä opasvideosta ongelmaan liittyvää tietoa ja painaa etäapupainiketta

-AR-sovellus ottaa live-yhteyden vapaana olevaan asiantuntijaan

-AR-sovellus lähettää videokuvaa, asiantuntija tunnistaa ongelman ja piirtää ohjeita ruudulle korjaustoimenpiteistä

-Huoltotoimenpiteet videokuvataan samanaikaisesti

-AR-sovellus liittyy ohjevideon lämpöpattereihin liittyväksi

Huoltomies korjaa ongelman, avaa huoltokirjan ja kuittaa työtehtävän suoritetuksi, lisää maininnan huoltokirjaan ongelmasta

Kuitatun työtehtävän jälkeen asukkaalle lähetetään automaattisesti viesti korjatusta ongelmasta

**Skenaario 1b) Huoltomies saapuu uuteen kiinteistöön (synkroninen vuorovaikutus huoltomies <-> huoltomies), jossa paljon eri dataa sensoreista ja BIM:stä**

Huoltomies saapuu kiinteistölle korjaamaan ilmastointilaitetta

Huoltomies avaa ilmastointilaitteen tiedot NFC-tunnistuksella tai tagillä

AR-näkymästä huoltomies avaa huoltokirjan huoltohistorian selvittämiseksi

Näkee tehdyt korjaustoimenpiteet

Ottaa yhteyden toiseen huoltomieheen



AR-sovelluksella toinen huoltomies ohjeistaa visuaalisesti pointerilla miten huolto suoritetaan

Huoltomies suorittaa korjauksen ohjeiden mukaisesti

Huoltomies tarkistaa ilmastointilaitteen toiminnan AR:llä ilmanvirtausanturin perusteella

Korjaus tehty, huoltomies avaa huoltokirjan ja kirjaa ylös toimenpiteet sekä kuittaa korjauksen valmiiksi

### **Skenaario 1c) Huoltomies saapuu yksin korjaamaan sähköpääkeskusta**

Huoltomies saapuu kiinteistölle korjaamaan sähköpääkeskusta

Huoltomies osoittaa sähköpääkeskusta AR-sovelluksella

AR-sovellus tunnistaa sähköpääkeskuksen CAD-mallin

Huoltomies avaa AR-sovelluksella sähköpääkeskukseen liittyvän ohjekirjan

Ohjekirjasta löytyvä ohjeistus löydettyyn ongelmaan

AR-sovellus sovittaa ohjeet vaiheineen visuaalisesti ilmastointilaitteen päälle

Huoltomies korjaa ongelman, avaa huoltokirjan ja kuittaa ongelman ratkaistuksi

### **Skenaario 2 (synkroninen vuorovaikutus asukas <-> asukas) – Asukas pyytää apua ongelmaan toisilta asukkailta vanhassa kiinteistössä**

Asunnosta palaa sulake, mutta asukas ei tiedä mikä sulake täytyisi vaihtaa/asettaa toiseen asentoon

Asukas osoittaa älypuhelimella sulakerasiaa

- 1) AR-sovellus tunnistaa sulakerasian
  - a. AR-sovellus selaa asukkaiden osaamisprofiileja ja valitsee sopivan asukkaan
  - b. AR-sovellus lähettää viestin tälle osaajalle
  - c. Osaaja hyväksyy apupyynnön ja AR-sovellus avaa live-yhteyden toiseen asukkaaseen
- 2) AR-sovellus ei tunnista sulakerasiaa
  - a. Asukas ottaa toiseen asukkaaseen suoraan yhteyttä

Asukas kuvailee ongelman ja liikkuu asunnossa ongelmapaikalle (esim. keittiön valot pimeänä)

Asukas #2 ymmärtää kontekstin, asukas siirtyy takaisin sulakerasialle

Asukas #2 näpäyttää pointerilla oikeaa sulaketta ja näyttää mihin asentoon se kuuluu asettaa

Asukas suorittaa tehtävän

AR-sovelluksessa luotu ongelma kuitataan ratkaistuksi

Ohjeistuksen aikana tehty nauhoitus liitetään tietojärjestelmään, jotta seuraavat vastaavat ongelmat selviävät ohjevideon avulla

Merkintä asukas #2 profiiliin onnistuneesta avustuksesta (jos yhteys otettiin osaajaprofiilin perusteella)

**Skenaario 3b) (asynkroninen vuorovaikutus siivooja <-> toimistotyöntekijä) – Toimistotyöntekijä jättää erikoispyynnön siivoojalle**

Toimistotyöntekijä avaa AR-sovelluksen ja jättää tagin huoneensa ovelle

Kirjoittaa tagiin liittyvän viestin, jossa ohjeet erityissiivoukselle

AR-sovellus tunnistaa paikkatiedon perusteella siivousreitit ja siihen liitetyn siivoojan

Siivooja etenee siivousreitillä, kunnes saapuu edellä mainitun toimiston läheisyyteen

- 1) Älypuhelimessa värähdys lähellä olevasta ilmoituksesta
- 2) Tabletti avoinna jatkuvasti siivouskärryssä navigoinnin tukena, jossa hälytys vilkkuu pohjapiirustuksessa

Siivooja avaa AR-sovelluksen ja skannaa ympäristöä kameralla

Siivooja löytää hälyttävän tagin, avaa viestin

Siivooja lukee erityisohjeet, kuittaa asian huomioiduksi ja siivoaa ohjeiden mukaan

Kuittauksesta ilmoitus toimistotyöntekijälle (tiedonkulku varmistunut)

**Skenaario 3c) Siivooja kohtaa ongelman reitillä (asynkroninen vuorovaikutus siivooja <-> siivooja)**

Uusi siivooja kohtaa siivousreitillä ongelman, ei osaa avata käsipyyhelaatikkoo

Yrittää AR-sovelluksella ottaa etänä yhteyttä toiseen siivoojaan

Yhteyttä ei saada tällä kertaa

Avaa AR-sovelluksen ja jättää paikkatiedon omaavan tagin ohjeistuksen pyytämiseksi

Toinen siivooja saapuu myöhemmin samalle alueelle

AR-sovellus hälyttää puhelimessa

Avaa AR-sovelluksen ja paikantaa visuaalisesti tagin

Painaa tagiä ja ohjeistuspyyntö avautuu

Painaa AR-sovelluksesta ”tallenna video-ohjeistus” –painiketta

Tallentaa videon laatikon avaamisesta ja sisällön vaihtamisesta

Ohjepyyntön jättänyt siivooja saapuu myöhemmin samalle alueelle

AR-sovellus ilmoittaa uudesta ohjevideosta jätettyyn tagiin perustuen